



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RAONI FELIPE DE ALMEIDA ANDRÉ

**DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE INCORPORADO
NO COMÉRCIO INTERNACIONAL**

Londrina
2019

RAONI FELIPE DE ALMEIDA ANDRÉ

**DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE INCORPORADO
NO COMÉRCIO INTERNACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (PPE), Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Irene Domenes Zapparoli.

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

André, Raoni Felipe de Almeida.

Dióxido de carbono equivalente incorporado no comércio internacional / Raoni Felipe de Almeida André. - Londrina, 2019.
60 f. : il.

Orientador: Irene Domenes Zapparoli.

Dissertação (Mestrado em Economia Regional) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Programa de Pós-Graduação em Economia Regional, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Emissões de CO₂eq - Tese. 2. Insumo-produto - Tese. 3. Comércio internacional - Tese. I. Zapparoli, Irene Domenes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Estudos Sociais Aplicados. Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. III. Título.

RAONI FELIPE DE ALMEIDA ANDRÉ

**DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE INCORPORADO NO
COMÉRCIO INTERNACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (PPE), Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Irene Domenes
Zapparoli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Emerson Guzzi Zuan Esteves
Universidade Estadual do Norte do Paraná -
UENP

Prof. Dr. Paulo Rogério Alves Brene
Universidade Estadual do Norte do Paraná -
UENP

Londrina, 21 de fevereiro de 2019.

À minha família, principalmente, aos meus pais e
minha namorada que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Jesus Cristo por ter conduzido todos os dias da minha vida, dando-me força, saúde, paz, alegria, confiança sempre tocando meu coração nos momentos de dificuldade.

À Universidade Estadual de Londrina, todo corpo docente do curso de Ciências Econômicas e demais funcionários que me oportunizaram a janela que hoje vislumbro.

Aos meus pais por todo apoio e confiança, amor e incentivo para os estudos, por acreditar em meu potencial e principalmente compartilhar meu sonho.

Minha namorada que sempre me acompanhou com paciência, carinho, amor e compreensão.

Aos meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado dando-me a alegria de viver, o meu muito obrigado.

À minha orientadora Irene Domenes Zapparoli, pelos seus ensinamentos, dedicação e conselhos e ao professor Umberto Antônio Sesso Filho pelo valioso trabalho metodológico utilizado, agradeço às contribuições em relação ao desenvolvimento deste trabalho.

“Quem quiser tornar-se importante entre vocês
devera ser servo; quem quiser ser o primeiro
deverá ser escravo de todos”.

Jesus Cristo

ANDRÉ, Raoni Felipe de Almeida. **Dióxido de carbono equivalente incorporado no comércio internacional**. 2019. 60f. Dissertação (Mestrado em Economia Regional) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

O objetivo consiste em estimar os efeitos da estrutura produtiva dos países sobre o comércio internacional em emissão de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq). Para isso foi utilizado a matriz Insumo-Produto ampliada para coeficientes ambientais, agregando-a em 36 países para o ano de 2012. Os valores da produção inter-regional da matriz foram extraídas do *World Input-Output Database (WIOD)* e a quantidade de emissão de CO₂eq da *Organisation For Economic Co-operation and Development (OECD.stat)*. EUA, China, Japão, Alemanha e França representam 52% da produção mundial e soma-se a eles a Rússia e o Brasil, juntos emitem mais de 76% do CO₂eq mundial. A Rússia e a China destacaram-se por serem os países com maior volume de emissão por unidade monetária, com respectivamente 1,39 e 1,25 mil toneladas de CO₂eq por um milhão de dólares, e pela quantidade de emissões atmosféricas exportadas, em torno de 805 e 497 toneladas, além disso, também são os principais no encadeamento de insumos intensivos em poluentes, demandando 3,2 e 2,9 e ofertando 4,9 e 3,9 vezes a mais que a média.

Palavras-chave: Emissões de CO₂eq. Insumo-produto. Comércio internacional.

ANDRÉ, Raoni Felipe de Almeida. **Carbon dioxide equivalent incorporated in international trade**. 2019. 60p. Dissertation (Master's degree in Regional Economics) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

The objective is to estimate the effects of the countries' productive structure on international trade in the emission of carbon dioxide equivalent (CO₂eq). For this purpose, the Extended Input-Output matrix for environmental coefficients was used, aggregating it in 36 countries for 2012. Inter-regional matrix production values were extracted from the World Input-Output Database (WIOD) and the amount of of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD.stat). The United States, China, Japan, Germany and France account for 52% of the world's output and together with Russia and Brazil, together they emit more than 76% of the world's CO₂eq. Russia and China stood out as the countries with the highest emission volume per monetary unit, with respectively 1.39 and 1.25 thousand tons of CO₂eq per one million dollars, and the amount of atmospheric emissions exported around of 805 and 497 tons, in addition, are also the main ones in the chain of pollutant intensive inputs, demanding 3.2 and 2.9 and offering 4.9 and 3.9 times more than the average.

Keywords: Emissions of CO₂eq. Input-output. Countries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de energia per capita por países no ano de 2007	16
Figura 2 - Alterações da temperatura mundial observada, 1901 a 2012.....	19
Figura 3 - Produção econômica e emissão de CO ₂ eq por países, 2012 (em US\$ e Mil Ton.).....	41
Figura 4 - Efeitos regional e inter-regional do gerador de emissões de CO ₂ eq de cada país, 2012 (em Mil Ton.)	44
Figura 5 - Transbordamento das emissões de CO ₂ eq nas importações e exportações de cada, 2012 (em mil Toneladas).....	48
Figura 6 - Índices de ligações inter-regionais emissão CO ₂ eq, 2012.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Impacto e riscos do aquecimento global	20
Quadro 2 - Encontros das Conferências das Partes (COPs), 1998 a 2018.....	23
Quadro 3 - Configuração dos Dados dos Países em Estudo para o ano de 2012	30
Quadro 4 - Relação entre as demandas intermediárias demanda final e o valor bruto de produção	32
Quadro 5 - Relações de Insumo-Produto em um sistema inter-regional com duas regiões	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção econômica e emissão de CO ₂ eq por países, 2012 (em US\$ e mil ton.).....	40
Tabela 2 - Efeitos regional, inter-regional e total do gerador de emissões de CO ₂ eq de cada país, 2012 (em % e Mil Ton.)	43
Tabela 3 - Transbordamento do gerador de CO ₂ eq nas importações (montante) e exportações (jusante) de insumos para cada país, 2012 (em Mil Ton. e %).....	46
Tabela 4 - Multiplicador das emissões de CO ₂ eq na estrutura produtiva de cada país, 2012 (em mil toneladas).....	50
Tabela 5 - Índices de ligações inter-regionais de emissão CO ₂ eq, 2012.....	52

LISTA DE SIGLAS

ANNEL	Agência Nacional de Energia Elétrica Conferência das Partes
AGBM	Grupo de Trabalho AD HOC
CO2	Dióxido de Carbono
CO2eq	Dióxido de Carbono Equivalente
CH4	Metano
COP	Conferência das Partes
CQNUNC	Convenção – Quadro das Nações Sobre as Mudanças do Clima
EUA	Estados Unidos da América
Gg	Gigagrama
GEE	Gases do Efeito Estufa
HFCs	Hidrofluorcarbonetos
IPCC	Painel Intergovernamental do Clima
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
MIP	Matriz de Insumo – Produto
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
N2O	Nitrogênio
NOx	Oxido de Nitrogênio
NH3	Amônia
NMVOC	Outros Compostos Voláteis Não Metálicos
OCDE	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMN	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PFCs	Perfluorcarbonetos
SOx	Dióxido de Enxofre
TI	Implementação Conjunta
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre a Mudança Climática
UEL	Universidade Estadual de Londrina
WIOD	World Input-Output Database

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS: IMPACTOS E ADAPTAÇÃO	15
	2.1 GERAÇÕES DE ENERGIA E EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE	15
	2.1.1 Uso de energia e as emissões atmosféricas.....	15
	2.1.2 Efluente Atmosférico e Uso de Energia.....	17
	2.2 RISCOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	18
	2.3 TRATADOS INTERNACIONAIS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	21
	2.4 UTILIZAÇÃO DE MODELOS DE INSUMO-PRODUTO APLICADO AO MEIO AMBIENTE	24
3	METODOLOGIA	29
	3.1 FONTES E BASE D DADOS.....	29
	3.2 METODOLOGIA BÁSICA DE INSUMO-PRODUTO.....	31
	3.2.1 Construção da Matriz de Insumo-Produto.....	31
	3.2.2 Geradores	35
	3.2.3 Efeito Transbordamento a jusante e a montante do Gerador	36
	3.2.4 Multiplicadores	36
	3.2.5 Índices de Rasmussen-Hirschman.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
	4.1 ESTRUTURA PRODUTIVA MUNDIAL E EMISSÕES DE CO ₂ EQ.....	39
	4.2 EFEITO GERADOR DE CO ₂ EQ MUNDIAL	42
	4.3 TRANSBORDAMENTO A MONTANTE E A JUSANTE DAS EMISSÕES DE CO ₂ EQ MUNDIAL	45
	4.4 EFEITO MULTIPLICADOR DE CO ₂ EQ MUNDIAL	49
	4.5 ÍNDICES DE LIGAÇÃO INTER-REGIONAL RASMUSSEN-HIRSCHMAN	51
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A alteração do clima da terra tem consequências em todos os sistemas de ciclos naturais e humanos, trazendo preocupação sobre a manutenção da vida no planeta. Percebe-se nas últimas décadas a mudança do clima por meio dos impactos ambientais, tal como a alteração na intensidade e na frequência das precipitações, intensificação de fenômenos meteorológicos, elevação do nível do mar, entre outros.

A temperatura média global da superfície cresceu cerca de 0,3 a 0,7°C nos últimos 150 anos. Parte desse aquecimento é explicado pelo aumento do acúmulo de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera causada por atividades humanas (BRASIL, 2017). Essa alteração térmica trás riscos para os ecossistemas, saúde e economia, basicamente, com inundações, deslizamento de terras e períodos longos de secas nas áreas urbanas e nas áreas rurais os impactos são na segurança alimentar e nos rendimentos agrícolas (IPCC,2014).

A redução GEE é uma meta que ganhou consenso entre os países com o propósito de controlar o aquecimento global. Em dezembro de 2015 foi ratificado o Protocolo de Paris por 195 países, um tratado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre a Mudança Climática (UNFCCC), que rege medidas de mitigação da emissão a partir de 2020.

Grande parte da rápida expansão das emissões de poluentes dos países em desenvolvimento, principalmente os emergente, é promovida pela produção de bens e serviços para consumo da população de países desenvolvidos. As mudanças climáticas representam uma ameaça iminente para a sociedade, por isso os países em desenvolvimento precisam fazer sua parte, mas cabe aos países desenvolvidos a maior parte da responsabilidade dos riscos que o aquecimento da terra pode causar.

A integração econômica internacional admite certo grau de dificuldade para as políticas ambientais, considerando que a produção e o consumo da mesma mercadoria são localizados em diferentes países. Parece mais adequado aos consumidores assumir a responsabilidade pela poluição criada no processo de produção, diferente do que o Protocolo de Paris propõe: a responsabilidade é dos países que produzem.

Os esforços para reduzir as emissões de GEE pelos países desenvolvidos

podem falhar se, no anseio de contrair rapidamente as emissões, transferirem as atividades produtivas intensivas em poluentes atmosféricos para países em desenvolvimento que colocam o crescimento econômico à frente do meio ambiente (IPCC, 2014).

Diante do exposto, a problemática do presente estudo busca responder qual a dependência do comércio internacional, em relação às emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), os países com IDH mais alto possuem com os países de menor IDH?

O objetivo geral do estudo consiste em calcular os efeitos da estrutura produtiva dos países sobre o comércio internacional intensivo em CO₂eq. Especificamente pretende-se:

- a) Estimar os valores de emissões dos fluxos entre os países através do transbordamento e do gerador de CO₂eq;
- b) Identificar a interdependência dos fluxos inter-regionais de CO₂eq dos países por meio do índice de ligação de Rasmussen-Hirschman;
- c) Analisar comparativamente os resultados para os países classificados pelo IDH.

No trabalho proposto é utilizada como ferramenta a matriz Insumo-Produto ampliada para coeficientes ambientais, sendo que a matriz foi extraída do World Input-Output Database (WIOD) e a quantidade de emissão de GEE foi retirada do banco de dados do *Organisation For Economic Co-operation and Development* (OECD.Stat), a qual contempla 36 países, mais o restante do mundo para o ano de 2012. O período de 2012 foi escolhido por ser o ano que contempla a maior quantidade de informação para agregar as matrizes de produção do WIOD com a emissão de CO₂eq disponível no OECD.stat para cada país.

Este trabalho está composto por cinco seções. A primeira é esta introdução, a qual apresenta a problematização e os objetivos do estudo. A segunda seção aborda a fundamentação teórica do estudo e as evidências na literatura a respeito do modelo Insumo-Produto aplicada ao meio ambiente. A terceira seção mostra a metodologia que é utilizada no trabalho, composta pela base de dados, o modelo utilizado e a formação dos índices de análise. A quarta seção versa sobre os resultados encontrados na pesquisa. A quinta e última seção finaliza o estudo, trazendo as principais conclusões sobre poluição atmosférica incorporada no comércio internacional.

2 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS: IMPACTOS E ADAPTAÇÃO

Esta seção aborda um panorama acerca das questões ambientais, incorporando assuntos relacionados sob os impactos das alterações climáticas na sociedade. Inicialmente aborda as principais fontes energéticas de emissão de CO₂eq. A segunda parte mostra os riscos que o aquecimento global pode trazer para as nações. A terceira parte faz um panorama a respeito dos principais acordos internacionais sobre as mudanças climáticas. Por último, evidencia algumas aplicações encontradas na literatura referentes à utilização de modelos de Insumo-Produto em questões ambientais.

2.1 GERAÇÕES DE ENERGIA E EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE

2.1.1 Uso de energia e as emissões atmosféricas

O desenvolvimento industrial possibilitou à população melhora na qualidade de vida por meio da maior diversidade de bens e serviços que a sociedade produz, entretanto, trouxe problemas globais em relação ao meio ambiente pela degradação que essa produção exige na geração de energia (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005; MUELLER, 2007). Existem outros motivos para que a sociedade melhore em seu bem-estar além de bens e serviços materiais, como por exemplo, saúde humana e proteção ao sistema ambiental (FRANCO; DRUCK, 1998).

O crescimento econômico desempenha forte pressão sobre os recursos naturais, por essa razão nos países desenvolvidos a intensidade energética está decrescendo, além disso, a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) é superior a de uso de energia, evidenciando a preocupação desses países com a deterioração do meio ambiente (ABRAMOVAY, 2010).

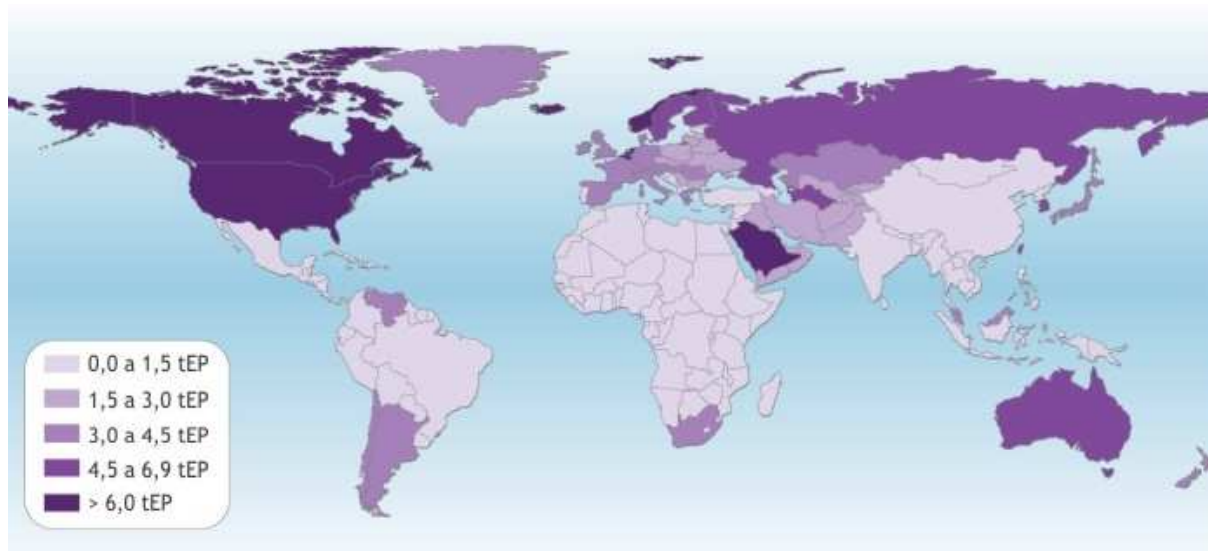
Por outro lado o desejo dos países em desenvolvimento pelo crescimento econômico dificulta a procura pela geração de energia mais eficiente. Esses países não acompanham o padrão tecnológico dos países desenvolvidos e a falta de eficiência na produção de energia pode causar problemas ambientais irreversíveis (JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001; MAY, 2009).

Entender o uso de energia significa perceber suas consequências ambientais, de preferência pela quantidade de combustível fóssil utilizada. Eventos ocorridos nas

últimas décadas, tais como a crise do petróleo de 1973 e 1979, guerra do Golfo Pérsico de 1991 e a invasão do Iraque em 2003, mostram a importância da energia no funcionamento do cotidiano de uma sociedade (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014).

Os países em desenvolvimento possuem o sistema energético centralizado no uso de energias fósseis, sem levar em consideração as externalidades negativas causadas. Além disso, mesmo possuindo três quartos da população mundial, apenas um quarto do total de energia produzido é efetivamente consumido por eles (ABRAMOVAY, 2010). A Figura 1 mostra o consumo de energia *per capita* dos países por tonelada equivalente de petróleo (TEP) para o ano de 2007.

Figura 1 - Consumo de energia *per capita* por países no ano de 2007



Fonte: BRASIL, MME, ANELL (2007)

A busca por soluções ambientais está na tecnologia, portanto o paradigma tecnológico escolhido por uma sociedade será determinante na degradação ambiental. As políticas de eficiência energéticas dos países em desenvolvimento estão atrasadas por falta de investimento em alternativas tecnológicas, ou por falta de equipamentos que tem maior eficiência no consumo de energia nas produções de bens e serviços (COSTA; PRATES, 2005).

Portanto os países desenvolvidos precisam assumir a frente do desenvolvimento sustentável, em razão do seu nível de consumo energético ser superior, usando uma parcela maior dos recursos ambientais do planeta do que os países em desenvolvimento (UNFCC, 2015). Além do mais, os países desenvolvidos

têm maior quantidade de recursos financeiros e tecnológicos para o desenvolvimento de fontes de energia limpa e menos intensivas na utilização dos recursos naturais, podendo proporcionar um desenvolvimento sustentável para o planeta (IPCC, 2014).

2.1.2 Efluente Atmosférico e Uso de Energia

Poluentes atmosféricos são considerados substâncias adicionadas no ar por atividades humanas que causam efeitos adversos ao meio ambiente. Grande parte desses poluentes é oriunda da produção de energia e, em menor quantidade, de fontes naturais (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014). Em razão da circulação atmosférica e o longo tempo de permanência no ar de alguns poluentes, a poluição do ar não respeita fronteiras, atingindo sistemas ambientais distintos de sua fonte (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

O uso de combustíveis fósseis é responsável pela maior parte de emissão de gases do efeito estufa. As usinas termoelétricas representam grande parte da geração de energia mundial, por exemplo, produzem energia a partir da queima de combustíveis fósseis, como o diesel e carvão, o qual são potenciais emissores de dióxido de carbono (CO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2) e enxofre (INATOMI; UDAETA, 2005; VICHI; MANSOR, 2009).

A energia gerada através de combustíveis fósseis é responsável pelas emissões de dióxido de enxofre (SO_x), óxido de nitrogênio (NO_x), dióxido de Carbono (CO_2), metano (CH_4), amônia (NH_3) e outros compostos voláteis não metânicos (NMVOC), que representam 95% do total de gases do efeito estufa (WIOD, 2017).

Nos tempos atuais o modo de vida da sociedade requer grande quantidade de consumo de energia, seja no transporte, indústria, iluminação, entre outros. A sociedade tem condições de empregar os recursos energéticos com maior eficiência, de modo a manter o padrão de vida atual consumindo menos energia, já que quanto menor for a quantidade de energia consumida menor serão as emissões de poluentes (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

O crescimento econômico é prioridade nos países em desenvolvimento, por isso os riscos causados pela poluição atmosférica não são tratados com o devido grau de urgência que ele exige, entretanto, os problemas ambientais estão se tornando grande de mais para serem ignorados (IPCC, 2014). A quantidade de

emissão de GEE antropogênicas terão efeitos negativos sobre o nível de atividade econômica, tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento, à medida que as mudanças climáticas se intensificam (XAVIER; KERR, 2004).

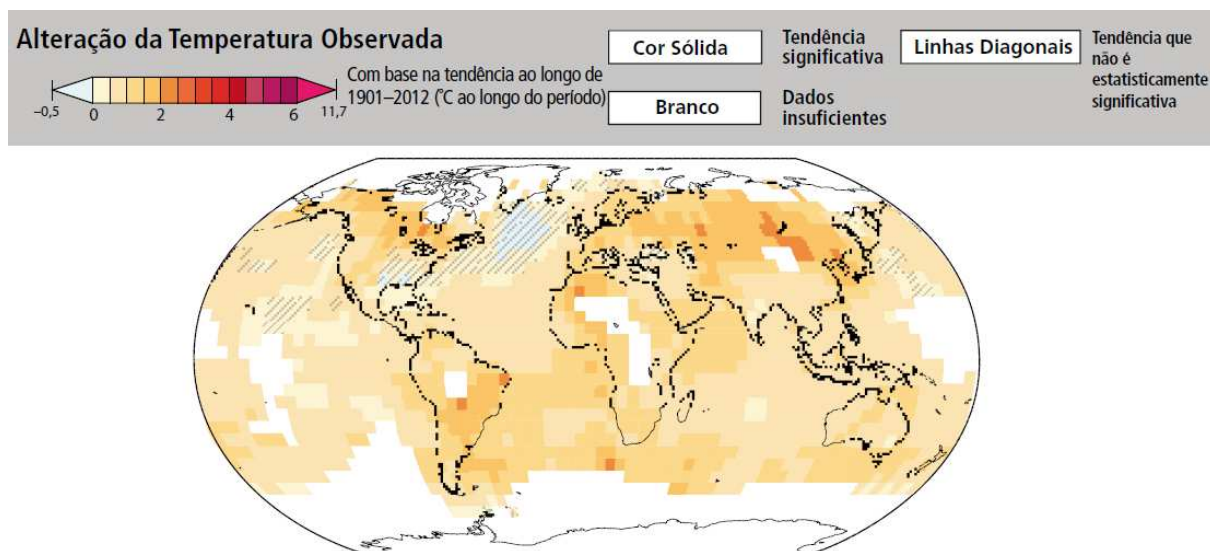
2.2 RISCOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

A convenção Quadro das Nações Unidas Sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*) no seu artigo primeiro define alterações climáticas como sendo atribuída, direta ou indiretamente, pelas atividades humanas, que por meio da poluição atmosférica altera a temperatura além da variabilidade natural (UNFCCC, 2015). Portanto é comprovado o aquecimento global decorrentes de atividades antrópicas, principalmente da queima de combustíveis fósseis para produzir energia (SILVA; CHINI, 2012).

O aquecimento da terra causa problemas no sistema climático do mundo, com consequências na biodiversidade, economia, produção de alimentos e saúde humana. Essa alteração do clima acelera o derretimento dos gelos nos polos o que faz o nível dos oceanos se elevar, aumentando a frequência de fenômenos meteorológicos (GREENPEACE, 2017). A temperatura média é apontada como a maior entre os cinco séculos que se passaram, sendo provável que ainda neste século pode-se ter um acréscimo médio de 2°C a 5,8°C na temperatura média da superfície do planeta (BRASIL, 2017).

A figura 2 mostra o aquecimento terrestre por regiões do globo nos períodos de 1901 a 2012. Percebe-se que há regiões em que a temperatura subiu mais de 2°C, justificando o motivo da preocupação com o aquecimento terrestre.

Figura 2 – Alterações da temperatura mundial observada, 1901 a 2012



Fonte: IPCC (2014)

Existem inúmeros riscos da variabilidade do sistema climático na sociedade proveniente de eventos extremos, que são impulsionados por ondas de calor, tendências de seca, incêndios florestais, aumento do nível de precipitações, inundações, cobertura de neve, ciclones destrutivo, acidificação dos oceanos, fertilização por dióxido de carbono e etc., o que mostra à vulnerabilidade humana as mudanças climáticas (IPCC, 2014).

As nações foram informadas da situação das mudanças climáticas, além da inevitabilidade de adaptação ao fenômeno de aquecimento global, especialmente para países desenvolvidos, os quais buscam a redução das emissões dos gases do efeito estufa na atmosfera sem afetar o consumo de energia necessária para o contínuo crescimento econômico (LIMA, 2002).

Os riscos das alterações climáticas são desigualmente distribuídos entre os países, geralmente são mais severos para os em desenvolvimento, onde a falta de recursos financeiros para a adaptação e a dependência da produção agrícola, setor mais afetado pela mudança do clima, são fatores que intensificam os danos do aquecimento da Terra provocados por atividades humanas (GOLDEMBERG; LUCON, 2007; IPCC, 2014). Os riscos variam de acordo com a região e a população, dependendo de inúmeros fatores, desde econômicos até regionais. Em vista disso, o Quadro 1 apresenta uma seleção dos principais riscos regionais que as alterações climáticas podem trazer.

Quadro 1 - Impacto e riscos do aquecimento global

IMPACTOS	RISCOS DO AQUECIMENTO GLOBAL
Recursos de água doce	<p>Redução significativa dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, por meio da intensificação das secas em determinadas regiões.</p> <p>Redução de água potável devido ao aumento de sedimentos, nutrientes e cargas poluentes de chuvas torrenciais e suas inundações.</p>
Ecosistemas terrestres e de água doce	Parte das espécies terrestres e de água doce enfrenta o aumento de extinção, especialmente, porque o aumento de temperatura traz modificação de habitat, poluição e espécies invasoras.
Sistema costeiro e áreas de baixa altitude	Devido ao aumento de pessoas vivendo nas áreas de costa, a subida do nível do mar prevista traz impactos adversos como submersão, inundação costeira e erosão costeira.
Sistemas marinhos	Redistribuição global de espécies marinhas e a redução da biodiversidade marinha em regiões sensíveis, causando a queda da produtividade das pescas e de outros serviços ecossistêmicos. Acidificação dos oceanos apresentam riscos para o sistema marinho, associado ao impacto fisiológico, especialmente nos ecossistemas polares e corais.
Sistemas de produção de alimentos e segurança alimentar	O aumento em 2°C na temperatura local afeta negativamente as principais culturas (trigo, arroz e milho) nas regiões tropicais. Além disso, o aumento do preço pode ser uma barreira para nações mais pobres.
Áreas urbanas	Agressões térmicas, precipitações extremas, inundações interiores e costeiras, deslizamento de terra, seca e escassez de água são os riscos para as pessoas, economias e ecossistemas em áreas urbanas.
Áreas rurais	Os impactos são nos abastecimentos de água, na segurança alimentar e nos rendimentos agrícolas.
Setores econômicos e serviços fundamentais	<p>Aumento da demanda por energia para refrigeração nos setores residenciais e comerciais, entretanto, reduz o uso de energia como fonte de aquecimento.</p> <p>Aumento do capital de risco em países em desenvolvimento, pois as catástrofes climáticas elevam o valor dos seguros.</p>
Saúde humana	Aumento dos problemas de saúde, principalmente nos países em desenvolvimento. Os exemplos incluem mortes devido a ondas de calor, incêndios mais intensos, aumento do risco de doenças transmitidas por alimentos e água e doenças respiratórias.
Segurança humana	As alterações climáticas fazem aumentar o número de migração de pessoas, que representa uma forma de se proteger do impacto que a alteração do clima causa naquela região, entretanto, os indivíduos pobres não têm condições para isso.
Meios de subsistência e pobreza	As alterações climáticas podem abrandar o crescimento econômico, tornando mais difícil a redução da pobreza.

Fonte: Elaborado a partir do IPCC (2014)

As alterações do clima relacionadas ao aumento significativo das concentrações de gases do efeito estufa na atmosfera é um temor comum de todas as nações, as quais precisam tomar medidas urgentes de combate às alterações do clima, de forma a considerar os riscos de eventos climáticos extremos que assola o planeta. (UNFCCC, 2015).

2.3 TRATADOS INTERNACIONAIS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O aumento da temperatura na terra pela concentração de gases do efeito estufa na atmosfera preocupa o mundo, tanto que os países começaram a discutir os problemas ambientais na conferência de Estocolmo, no ano de 1972, não obstante o debate precursor sobre o aquecimento global só começou a ser visto na primeira Conferência Mundial do Clima em 1979 (ANDRADE; COSTA, 2008).

Os países criaram em 1988 o Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*), através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMN). O Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas é uma organização científica que divulga periodicamente relatórios sobre o futuro do clima na terra, essa previsão leva em consideração o padrão de consumo e a produção atual (LUCAS; MELO, 2008).

Outro importante acontecimento foi à adoção da Convenção-Quadro das Nações sobre as Mudanças do Clima (CQNUMC) que é um tratado ambiental internacional que visa à redução dos gases causadores do efeito estufa. A CQNUMC foi elaborada em 1992 no Rio de Janeiro durante a conferência Rio-92, sendo um grande avanço para as nações pertinente a degradação do meio ambiente por atividades antrópicas (GODOY; PAMPLONA, 2007).

No total somaram 154 países mais a União Europeia que assinaram o tratado, que entrou em vigor em 1994. Esse foi o primeiro encontro das partes, que após esse fizeram encontros anuais para discutir os problemas ambientais. Essa convenção não mostra as formas para a melhora do efeito estufa, mas os mecanismos e as ferramentas para as futuras negociações anuais (GODOY; PAMPLONA, 2007).

Ainda no que diz respeito à CQNUMC, foram estabelecidos compromissos diferentes para cada país, esse conceito recebeu o nome de “responsabilidade

comum, porém diferenciadas” (*Common Butt Differentiated Responsibility – CBDR*), que além de possuir como estrutura principal a questão de que somente a cooperação internacional conseguirá resolver um problema da magnitude do aquecimento global, baseia-se nas condições econômicas sociais dos países envolvidos no acordo, mostrando que as capacidades de resposta pertinente ao aquecimento global sejam diferentes em cada país (BRAZ, 2003).

Ademais, o conceito de “abordagem abrangente” também foi estabelecido no CQNUMC, sendo proposto pelos Estados Unidos da América, com o objetivo de que a redução dos gases não se limite ao CO₂, abrangendo todos os gases causadores do efeito estufa (BRAZ, 2003).

Diante disso, a Organização das Nações Unidas (ONU) vem organizando conferências para os países interessados em conversar sobre tal assunto, a primeira conferência, COP-1, foi realizada em 1995 com o propósito da adoção do mandato de Berlim, na Alemanha, que estipula metas de geração de gases causadores do efeito estufa, além do calendário para cumpri-las. Também foi criado o AGBM – Grupo de Trabalho *AD Hoc* - com o objetivo de fiscalizar e negociar a introdução dos acordos firmados pelos países desenvolvidos, fornecendo base para as ações nos períodos pós 2000 (MOREIRA; GIOMETTI, 2007).

Entre essas conferências, uma das mais importantes na década de 1990 e 2000 relacionadas a mudanças climáticas, foi a COP-3 que teve a presença de 160 países e destacou-se com o acordo feito pelo Protocolo de Quioto, em 1997, no Japão, o qual tinha o propósito de formalizar o mandato de Berlim. O resultado mais importante dessa conferência foi confirmar o acordo de metas de redução dos gases do efeito estufa com 39 países desenvolvidos, o qual deu sustentação às ideias iniciais (LUCAS; MELO, 2008).

As metas dos países desenvolvidos podem ser atingidas por meio de redução do seu próprio território ou em outros países, para isso o protocolo inclui três ferramentas para atingi-las, que são a implementação conjunta (JI – *Joint Implementation*), comércio de emissões (ET - *emissions trading*) e mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL (CDM – *Clear Desenvolpmente Mechanim*) (GODOY; PAMPLONA, 2007; BRASIL, 2018).

As posteriores conferências das partes ficaram marcadas pelas discussões e debates em torno de temas sobre mudanças climáticas, sendo que cada país procura se favorecer. As demais COP foram sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Encontros das Conferências das Partes (COPs), 1998 a 2018

SIGLA	ANO	CIDADE	PAÍS	PRINCIPAL TEMA DISCUTIDO
COP-4	1998	Buenos Aires	Argentina	Preparação para entrada em vigor do Protocolo de Quioto e seu plano de ação.
COP-5	1999	Bonn	Alemanha	As atividades de implementação conjunta, uso da terra e outros.
COP-6	2000	Haia	Países Baixos	Financiamento dos países em desenvolvimento.
COP-7	2001	Marrakesh	Marrocos	Definição das regras operacionais para colocar em prática o acordo de Bonn e o de Quioto.
COP-8	2002	Nova Deli	Índia	Colocar em prática o acordo de Marrakesh
COP-9	2003	Milão	Itália	Como MDL pode ser utilizado.
COP-10	2004	Buenos Aires	Argentina	Entra em vigor o Protocolo de Quito e projetos de pequena escala – MDL.
COP-11	2005	Montreal	Canadá	Segundo período do Protocolo de Quioto. Redução dos GEE será de 20% a 30% até 2030 e de 60% a 80% até 2050.
COP-12	2006	Nairóbi	Quênia	Rever o Protocolo de Quioto, estipular regras do Fundo de Adaptação.
COP-13	2007	Bali	Indonésia	Lançamento do Fundo de Adaptação e decisões de transferência de tecnologia.
COP-14	2008	Poznan	Polônia	Promoção do plano de ação de Bali e fundo de adaptação à mudança climática.
COP-15	2009	Copenhague	Dinamarca	Fundo verde de Copenhague.
COP-16	2010	Cancun	México	Políticas de limitação do aumento das temperaturas, em relação às registradas nos tempos pré-industriais.
COP-17	2011	Durban	África do Sul	Chegassem a um acordo para limitar o aquecimento global a 2 graus Celsius.
COP-18	2012	Doha	Catar	Ano da Conferência Rio+20.
COP-19	2013	Varsóvia	Polónia	Investimento nos países em desenvolvimento para políticas de redução GEE.
COP-20	2014	Lima	Peru	União dos países que possuem parte para Amazônia, contra as mudanças climáticas.
COP-21	2015	Paris	França	Novo acordo para redução do GEE com o compromisso de aumentar a temperatura em 2°C.
COP-22	2016	Marrakesh	Marrocos	Início da regulamentação do acordo de Paris.
COP-23	2017	Bonn	Alemanha	Quase 200 países se reuniram para debater estratégias e formas de cumprir o acordo de Paris
COP-24	2018	Katowice	Polônia	Empresas não devem ser vistas como culpadas, mas como parceiras para ação climática.

Fonte: BRASIL, MMA (2018)

O aquecimento global representa uma advertência urgente para sociedade humana, por isso os países precisam cooperar em resposta de planejar a redução de emissões de gases do efeito estufa. Devem reconhecer a necessidade da profunda redução das emissões globais, reforçando o trabalho na mitigação, adaptação e encorajamento de todas as nações a atingir as metas de redução estabelecidas no protocolo de Quioto e no acordo de Paris (UNFCCC, 2015).

2.4 UTILIZAÇÃO DE MODELOS DE INSUMO-PRODUTO APLICADO AO MEIO AMBIENTE

Dada à abrangência da teoria de Insumo-Produto passando por aspectos econômicos, sociais e ambientais, esta seção traça um breve histórico de trabalhos que tratam da teoria relacionada às questões ambientais, especificamente a relação do dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) incorporado no comércio internacional.

A conscientização das sociedades com os problemas ambientais justifica-se pela queda na qualidade de vida, por meio de catástrofes climáticas que o aquecimento da terra pode causar. A principal origem desses problemas ambientais fundamenta-se ao fato do crescimento econômico a qualquer custo, por isso, a aplicação do modelo Insumo-Produto na análise ambiental vem aumentando sua relevância (MIRANDA, 1980).

De acordo com Guilhoto (2010) a utilização do modelo como instrumento de análise ambiental é pelo fato de ser o mais indicado para quantificar os impactos diretos da produção sobre o meio ambiente. Entre os mais conhecidos estudos estão Casler e Blair (1996), Hetherington (1996) e Labandeira e Labeage (2002).

Hetherington (1996) identificou a intensidade de CO₂ emitido por libra esterlina, relacionando a demanda final de consumo com as emissões. Ele utilizou o modelo Insumo-Produto para Reino Unido e considerou as emissões oriundas da queima de combustíveis fósseis. Os resultados mostraram que a indústria foi responsável pela importação de 108 milhões de toneladas de CO₂ emitido para o consumo industrial de bens e serviços intermediários.

Casler e Blair (1996) mostram a intensidade dos gases poluentes por dólar adicionado nos setores da economia dos Estados Unidos, para isso analisaram o coeficiente técnico de impacto direto e indireto retirado da matriz Insumo-Produto. Os resultados encontrados mostram que atividades mais intensivas de poluição estão nos setores de Mineração, Produtos de Papel, Produtos Químicos, Produtos

de Pedra e Argila, Ferro e Aço primários, Metais não Ferrosos Primários e Transporte.

Labandeira e Labeage (2002) utilizam a matriz Insumo-Produto da Espanha a fim de obterem a intensidade do CO₂ direto e indireto relacionada com a energia. A partir dos resultados foram feitas simulações do efeito sobre a emissão de CO₂ cobrando tributo no consumo dos combustíveis fósseis. Eles concluíram que os setores intensivos em energia, tais como a Eletricidade, Gás, Transporte e Carvão, tiveram boas respostas com a taxação, tanto relativos quanto absolutos.

No decorrer do tempo muitos trabalhos voltado à construção do modelo Insumo-Produto para analisar as emissões de gases no comércio internacional foram desenvolvidos, entre eles estão Ahmad e Wyckoff (2003), Shui e Hariss (2006), Hayami e Nakamura (2006), Ackerman, Ishikawa e Suga (2007), Nakano *et al.* (2009), Du *et al.* (2011), Su e Arg (2011) e Zhang, Guo e Hewing (2014).

Ahmad e Wyckoff (2003) por meio da matriz Insumo-Produto exploraram o impacto do comércio internacional de bens nas emissões de CO₂ para os países da OECD mais o Brasil, China, Índia e Rússia. Para eles as emissões incorporadas na importação da OECD representam 2,5% do total de CO₂ gerado no mundo e 5% do total gerado dentro dos próprios países, além disso, as emissões incorporadas nas exportações da Rússia e da China são praticamente todas absorvidas pelos países da OECD.

Shui e Hariss (2006) examinaram a influência do comércio internacional entre o EUA e a China sobre as emissões de gases do efeito estufa, para isso utilizou como metodologia a matriz Insumo-Produto com coeficientes de emissão GEE. Concluíram que se os produtos que o EUA importa da China reduz suas emissões de GEE entre 3% a 6% e que cerca de 7% a 14% das emissões chinesas de GEE são decorrentes de exportações para os EUA. Portanto, o comércio entre a China e os EUA aumentam as emissões globais de GEE de 4% a 8%.

Por meio da metodologia de Insumo-Produto, Hayami e Nakamura (2006) observaram o comércio bilateral entre o Japão e o Canadá para verificar as emissões de CO₂ incorporadas nas importações do Japão de celulose canadense e as importações do Canadá de automóveis de passageiros japoneses. Chegaram ao resultado de que a cada 1.000 dólares de carros japoneses comprados pelo Canadá são emitidos 458 Quilos de CO₂ no Japão e para cada 1.000 dólares de celulose canadense comprada pelo Japão são emitidas 444 toneladas no Canadá.

Ackerman, Ishikawa e Suga (2007) examinaram o teor de carbono no comércio entre Japão e Estados Unidos América (EUA) utilizando a matriz Insumo-Produto. Chegaram à conclusão que o comércio entre o Japão e os EUA reduzem as emissões globais de carbono e que tanto o Japão quanto o EUA são importadores líquidos de CO₂ em relação ao resto do mundo, o que representa uma redução de 14% e 15% respectivamente nas emissões desses países.

Nakano *et al.* (2009) comparou o CO₂ embutido no consumo das transações comerciais dos países que pertencem ao OCDE. Para a análise utilizou o modelo Insumo-Produto ampliado para coeficientes de CO₂. Os resultados encontrados mostram que as emissões de CO₂ apoiadas no consumo dos países da OCDE foi 16,1% mais elevada que a média convencional e menos da metade do aumento global das emissões CO₂ ocorreram dentro da OCDE, dois terços do aumento global é atribuído ao consumo desses países.

Du *et al.* (2011) para obter os resultados das emissões de CO₂ incorporado no comércio entre o China e os EUA utilizaram como ferramenta de análise o modelo de Insumo-Produto com base na proporção de energia/dólar e método de decomposição estrutural para verificar o que mais influenciou nas emissões. Mostraram que devido à melhora da tecnologia, as emissões de CO₂ da China se reduziram no período de 2002 a 2007, entretanto, é uma exportadora líquida de CO₂ incorporado no comércio internacional com os EUA.

Su e Ang (2011) através do modelo Insumo-Produto investigaram a distribuição, de modo gradual, das emissões de CO₂ incorporadas no comércio internacional e a forma com que são absorvidas pela demanda final de um país. Para os dados do comércio internacional dos países asiáticos, chegaram ao resultado de que todos os países da Ásia são exportadores líquidos de CO₂, exceto Taiwan.

Zhang, Guo e Hewings (2014) adotando o modelo inter-regional de Insumo-Produto tentou esclarecer os efeitos do comércio interprovincial da China sobre a distribuição de CO₂. As regiões mais desenvolvidas como a costeira do sul e do leste estão reduzindo as emissões, enquanto as províncias centrais e ocidentais elevaram o volume de CO₂. Portanto para reduzir as emissões chinesas, a responsabilidade deve ser das regiões mais desenvolvidas, as quais são importadoras líquidas de produtos intensivos em CO₂ das regiões menos desenvolvidas.

No que tange a trabalhos nacionais que utilizaram o método de Insumo-

Produto aplicado à geração de gases poluentes por meio da estrutura produtiva é possível citar Machado (2002), Hilgenberg (2005), Oliveira (2011), Souza *et al.* (2015), Pedroso *et al.* (2016), Zapparoli *et al.* (2018), e França, Zapparoli e Sesso Filho (2018).

Machado (2002) utilizou a matriz Insumo-Produto para analisar o volume de energia e CO₂ embutido nos produtos que o Brasil negocia internacionalmente, com o objetivo de avaliar o impacto do comércio exterior sobre as emissões e o uso de energias. Os resultados mostraram que para cada dólar do produto transacionado com a exportação, foi embutido mais energia e CO₂ do que cada dólar gasto nas importações, mostrando que o Brasil é exportador líquido de carbono e energia.

Hilgenberg (2005), através do modelo de Insumo-Produto híbrido, analisou as emissões de CO₂ por unidade monetária decorrente do uso de gás natural, álcool e derivados do petróleo, para as cinco regiões do Brasil mais o estado de São Paulo. Os resultados mensuram que os setores que mais contribuíram para a emissão de CO₂ foram o Transporte Rodoviário, Outros Transportes, Produção de Energia não Hidráulica, Petróleo e Outros e o de Álcool e Refino de Petróleo.

Oliveira (2011) procurou analisar as emissões dos gases do efeito estufa a partir das alterações nas estruturas econômicas do Brasil. Para isso, utilizou a matriz Insumo-Produto ampliada com coeficientes ambientais. Os setores que se destacaram não só com maior coeficiente de emissão, mas também com a maior participação nas emissões relacionadas com a demanda final é o de Agropecuária, o de Fabricação de Aço e Derivados e, por último, o de Refino de Petróleo e Coque.

Souza *et al.* (2015) através da Matriz Insumo-Produto, analisou a estrutura produtiva dos países que fazem parte do grupo econômico formado pelo Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) e qual o seu impacto na intensidade da geração CO₂. Os resultados encontrados indicam que os setores de Transportes é o que mais se destacam pelo volume de emissões por aumento da demanda final do Brasil, em contrapartida, na Índia, China e Rússia é o setor de Eletricidade, Gás e Água que mais causa esse efeito.

Pedroso *et al.* (2016) através da matriz Insumo-Produto mundial analisou os efeitos econômicos mundiais internos e externos, com o objetivo de verificar as variações de emissões dos gases causadores do efeito estufa sobre decomposição estrutural. Os resultados indicam que a Indonésia foi o país que mais aumentou as emissão de CO₂, SO_x e NO_x, a Turquia para CH₄, a Lituânia para N₂O, a Índia para

CO, a Coréia para NMCOC e, por último, a Malta para NH₃.

Zapparoli *et al.* (2018) estimou as emissões de CO₂ dos países do BRIC calculando o quanto é gerado para cada unidade monetária produzida na demanda final. A maior parte das emissões oriundas da produção brasileira é transbordada para fora do país, ao contrário do que ocorre com a China, Índia e Rússia. Concluindo que junto com o crescimento econômico dos BRIC veio também o impacto negativo no meio ambiente, sobre tudo no que se refere à poluição atmosférica.

França, Zapparoli e Sesso Filho (2018) analisaram a relação da Zona do Euro com seus impactos no uso de energia, por meio do modelo Insumo-Produto. Os resultados mostraram que grande parte da utilização de energia, proveniente do aumento da produção, é transbordada para fora da Zona do Euro, indicando que a dependência desse bloco com produtos importados, utiliza menos energia do que deveria se não houvesse o comércio internacional.

3 METODOLOGIA

Com o propósito de estimar as emissões de dióxido de carbono equivalente embutidos (CO₂eq) no comércio internacional de bens e serviços, o modelo de Insumo-Produto formulado por Leontief (1951) ampliado para coeficientes ambientais é amplamente utilizado para estes cálculos que relacionam a produção de cada país com as emissões de poluentes.

A utilização desse modelo como instrumento de análise ambiental se deve ao fato de ser o mais indicado para quantificar os impactos diretos da produção sobre o meio ambiente (GUILHOTO, 2010). No decorrer do tempo muitos trabalhos voltados à construção desse modelo na análise de emissões de gases poluentes foram desenvolvidos, o referencial teórico destacou algumas obras que analisam as emissões incorporadas no comércio bilateral entre países.

Nesta seção estão descritos resumidamente os principais pontos acerca dessa metodologia. Na primeira parte descreve-se a fonte de base de dados utilizados para a realização da pesquisa, o qual mostra informações relacionadas à forma como foram obtidos e tratados. Na segunda parte apresentam-se as equações para a formulação do modelo Insumo-Produto e, mais especificamente, o índice de ligação de Rasmussen-Hirschman e os multiplicadores, geradores e seus transbordamentos.

3.1 FONTES E BASE DE DADOS

Para realização deste estudo foram utilizados os dados disponíveis no Banco de Dados Mundial de Insumo-Produto (*World Input-Output Database – WIOD*), por meio do qual à estrutura desta dissertação está baseado. As configurações dos dados dispostos no WIOD estão compostas de setores econômicos da estrutura de matriz Insumo-Produto de 40 países que correspondem as maiores economias do mundo, além de uma matriz que une o restante das demais economias mundiais.

O WIOD foi criado para verificar os efeitos da globalização sobre os padrões do comércio, pressões ambientais e desenvolvimento socioeconômico de vários países, nos permitindo levantar questões sobre a emissão de gases poluentes das maiores economias existentes (TIMMER et al., 2012).

As matrizes de Insumo-Produto coletadas do portal WIOD seguem a siglas da

Tabela a seguir e os países foram organizados conforme o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para facilitar a análise da dependência que os países mais desenvolvidos mantêm das estruturas produtivas intensivas em CO₂eq dos países em desenvolvimento.

Quadro 3 - Configuração dos Dados dos Países em Estudo para o ano de 2012

IDH	Sigla	País	Continente	IDH	Sigla	País	Continente
1°	NOR	Noruega	Europa	26°	LUX	Luxemburgo	Europa
2°	AUS	Austrália	Europa	26°	UK	Reino Unido	Europa
3°	USA	EUA	América do Norte	28°	CZE	República Checa	Europa
4°	NLD	Países Baixos	Europa	29°	GRC	Grécia	Europa
5°	DEU	Alemanha	Europa	33°	EST	Estônia	Europa
7°	IRL	Irlanda	Europa	35°	SVK	Eslováquia	Europa
7°	SWE	Suécia	Europa	37°	HUN	Hungria	Europa
9°	CHE	Suíça	Europa	39°	POL	Polônia	Europa
10°	JPN	Japão	Ásia	41°	LTU	Lituânia	Europa
11°	CAN	Canadá	América do Norte	43°	PRT	Portugal	Europa
12°	KOR	Coréia	Ásia	44°	LVA	Letônia	Europa
15°	DNK	Dinamarca	Europa	55°	RUS	Rússia	Europa
17°	BEL	Bélgica	Europa	61°	MEX	México	América do Norte
18°	AUT	Áustria	Europa	85°	BRA	Brasil	América do Sul
20°	FRA	França	Europa	90°	TUR	Turquia	Europa
21°	FIN	Finlândia	Europa	101°	CHI	China	Ásia
21°	SVN	Eslovênia	Europa	121°	IDN	Indonésia	Ásia
23°	ESP	Espanha	Europa				
25°	ITA	Itália	Europa				

Fonte: Adaptado de *World Input-Output Database* (WIOD, 2018).

Os dados decorrentes das emissões de gases do efeito estufa para os países analisados estão defasados em razão de só estarem disponíveis os períodos de 1995 a 2009 nas contas ambientais do WIOD. Portanto, foram utilizados as emissões de GEE para o ano de 2012 do banco de dados acessível em *Organisation For Economic Co-operation and Development* (OECD.Stat), que dispõe das emissões de 96 setores dos 36 países visto no WIOD. O ano de 2012 foi escolhido

por ser o período que contempla a maior quantidade de informação para agregar as matrizes de produção do WIOD com a emissão de CO₂eq do OECD.stat.

Para unir as bases de dados foi necessário agregar as matrizes de produção e a emissão de CO₂eq em um único setor que representa a estrutura produtiva e a poluição atmosférica de cada país. Então, a matriz de Insumo-Produto mundial não está composta por setores econômicos, mas somente por países com a intenção de analisar os fluxos das inter-relações que o comércio bilateral entre os países pode causar.

Os gases do efeito estufa mais relevante são dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), mistura não especificada de hidrofluorcarbonetos (HFCs) e perfluorcarbonetos (PFCs) (WIOD, 2009; OCDE.stat, 2019). A capacidade desses gases em contribuir para o aquecimento global depende do seu tempo de duração na atmosfera terrestre e seu potencial de radiação, por isso não podem ser comparados. Para simplificar a análise foram todos mensurados e concentrados em dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), além disso os dados estão disponíveis em mil toneladas.

3.2 METODOLOGIA BÁSICA DE INSUMO-PRODUTO

3.2.1 Construção da Matriz de Insumo-Produto

A forma mais simples de descrever a matriz Insumo-Produto nacional é demonstrar os fluxos de bens e serviços entre os diversos setores da economia de um país¹, em relação a determinado período e em termos monetários. É importante destacar que, de forma específica, o método de Insumo-Produto é uma adaptação da teoria neoclássica de equilíbrio geral para o estudo empírico da interdependência quantitativa entre as atividades econômicas inter-relacionadas (LEONTIEF, 1988).

A matriz Insumo-Produto indica todas as inter-relações de compra e venda de uma determinada economia. Tal relação básica pode ser visualizada no Quadro 4, enquanto a forma mais completa é visualizada no Quadro 5, sendo considerado

¹ “O método foi originalmente desenvolvido para analisar e avaliar as relações entre os diversos setores produtivos e de consumo de uma economia nacional, mas vem sendo aplicado ao estudo de sistemas econômicos menores, como uma área metropolitana, ou até mesmo ao estudo de uma grande empresa individual integrada, também vem sendo aplicado à análise das relações econômicas internacionais” (LEONTIEF, 1988).

Em que, conforme apresentado em (1) y_i representa a demanda final do setor i , x_i o valor bruto de produção do mesmo setor e $a_{ij} * x_j$ a demanda por insumo do setor i pelo setor j .

Reorganizando as equações, colocando y_i em evidência, observa-se o seguinte sistema de n equações lineares:

$$\begin{aligned} (1 - a_{11})x_1 - a_{12}x_2 - \dots - a_{1n}x_n &= y_1 \\ -a_{21}x_1 + (1 - a_{22})x_2 - \dots - a_{2n}x_n &= y_2 \\ \dots & \\ -a_{n1}x_1 - a_{n2}x_2 - \dots + (1 - a_{nn})x_n &= y_n \end{aligned} \quad (3)$$

Escrito de forma matricial tem-se:

$$\begin{bmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{12} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & (1 - a_{22}) & \dots & -a_{23} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{31} & -a_{32} & \dots & (1 - a_{33}) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

O que pode ser reescrito da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -a_{11} & -a_{12} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & -a_{22} & \dots & -a_{23} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{31} & -a_{32} & \dots & -a_{33} \end{bmatrix} \right\} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

A partir da relação (5) tem-se:

$$(I - A) * X = Y \quad (6)$$

E, assim, pode-se “[...] obter a solução única do sistema a partir da equação [...]” (CHIANG; WAINWRIGHT, 2006):

$$X = (I - A)^{-1} * Y \quad (7)$$

A relação apresentada em (7) resume a capacidade explicativa da análise de

Insumo-Produto no tocante ao comportamento das economias nacionais. Contudo, verifica-se como um impacto na demanda final (Y) afeta o valor da produção (X) e este, por sua vez, afeta outra variável como emprego, salário, importação, impostos e etc., assim, é possível observar a importância deste método para os países.

Portanto, a versão que está pautado este trabalho foi expandida para uma relação inter-regional de Insumo-Produto, que analisa o fluxo entre as cadeias produtivas dos países, conforme o Quadro 5 detalha.

Quadro 5 - Relações de Insumo-Produto em um sistema inter-regional com duas regiões

	País 1	...	País 37	Demanda Final			
País 1	Insumos Intermediários 1-1	...	Insumos Intermediários 1-37	DF 1-1	...	DF 1-37	Produção Total 1
...
País 37	Insumos Intermediários 37-1	...	Insumos Intermediários 37-37	DF 0-1	...	DF 37-37	Produção Total 37
	Importação do Restante do Mundo (1)	...	Importação do Restante do Mundo (37)				
	Impostos Indiretos Líquidos (IIL1)	...	Impostos Indiretos Líquidos (IIL37)				
	Valor Adicionado 1	...	Valor Adicionado 37				
	Produção Total País 1	...	Produção Total País 37				
	GEE 1	...	GEE 37				

Fonte: Adaptado de Moretto (2000).

Denominado de “modelo Isard”, devido a aplicação de Isard (1951) o modelo inter-regional de Insumo-Produto, demanda grande quantidade de dados, reais ou estimados, principalmente, quanto às informações sobre fluxos intersetoriais e inter-regionais.

O Quadro 5, de forma esquemática, apresenta as relações dentro de um sistema de Insumo-Produto inter-regional com 37 regiões analisada no estudo. Complementando o sistema regional, no sistema inter-regional, há uma troca de relações entre as regiões, exportações e importações, sendo expressas por meio do fluxo de bens que se destinam ao consumo intermediário e à demanda final.

Os fluxos intersetoriais são determinados por fatores tecnológicos e econômicos em uma economia, segundo Leontief (1951 apud GUILHOTO, 2001) pode ser também representado matricialmente da seguinte forma:

$$X = Ax + y \quad (8)$$

Em que:

X = vetor ($n \times 1$) com o valor bruto da produção;

y = vetor ($n \times 1$) com a demanda final setorial e;

A = matriz ($n \times n$) com os coeficientes técnicos de produção, na qual o elemento a_{ij} representa a participação do produto do setor i sobre a produção do setor j .

Tomando as relações de compra e venda de insumo entre os países presentes na economia constrói-se a matriz de consumo intermediário, por meio da qual se obtém a matriz A . Sendo Z a matriz de consumo intermediário, o elemento z_{ij} sinaliza o valor demandado pelo setor j do setor i . Desse modo, fazendo $\frac{z_{ij}}{x_{ij}}$ obtém-se o elemento a_{ij} da matriz A .

Isolando X obtém-se:

$$X = By \quad (9)$$

$$B = (I - A)^{-1} \quad (10)$$

A matriz B recebe o nome de inversa de Leontief. De acordo com Guilhoto 2001, a partir do modelo básico, é possível ter trabalhos que abordem as extensões como endogeneização do consumo das famílias para estudos relacionados à distribuição de renda e análises estruturais e de impacto.

3.2.2 Geradores

Miller e Blair (2009) identificam que por meio dos coeficientes diretos e da matriz de Leontief pode-se estimar para cada país da economia mundial, o quanto é gerado direta e indiretamente de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) para cada unidade monetária produzida para a demanda final, ou seja:

$$GV_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} v_i \quad (11)$$

em que:

GV_j é o impacto total, direto e indireto, sobre a variável em questão;

b_{ij} é o ij -ésimo elemento da matriz inversa de Leontief e

v_i é o coeficiente direto da variável em questão.

3.2.3 Efeito Transbordamento a jusante e a montante do Gerador

Observando o Quadro 5 e dado que $B = (I - A)^{-1}$ (10) é a matriz inversa de Leontief e a_{ij} seus elementos da linha i e coluna j , desse modo o somatório dos elementos da matriz inversa referente à própria região constitui o efeito gerador de emissão interna (efeito dentro do país), enquanto o somatório dos elementos da coluna j referentes ao fluxo inter-regional é o valor do transbordamento de CO₂eq na compra de bens e serviços da produção de outra região (efeito fora do país – montante), ao passo que a soma dos elementos da linha i relativo ao fluxo inter-regional representa o valor do transbordamento de CO₂eq na venda de bens e serviços para outras regiões (efeito dentro do país que é transferido para à outro - jusante).

O transbordamento do efeito gerador CO₂eq de dado região em relação à outra pode ser apresentado tanto em termos absolutos quanto em valores percentuais. O efeito transbordamento mostra como o aumento da produção de uma região impacta as emissões de outra região, tanto na compra como na venda de bens e serviços.

3.2.4 Multiplicadores

A divisão dos geradores pelo coeficiente direto correspondente concebe os multiplicadores, que apontam o quanto é gerado, direta e indiretamente, em termos CO₂eq para cada unidade diretamente gerada desses poluentes atmosféricos. Neste sentido, pode o multiplicador de CO₂eq indicar a quantidade de emissão criados, direta e indiretamente, para cada CO₂eq direto criado (MILLER; BLAIR, 2009).

Portanto, o multiplicador do *i*-ésimo setor seria dado por:

$$MV_i = \frac{GV_i}{v_i} \quad (12)$$

onde MV_i representaria o multiplicador da variável em questão e as outras variáveis são definidas conforme feito anteriormente.

Souza *et al.* (2015), indica que quando o efeito de multiplicação se restringe somente à demanda de insumos intermediários, estes são chamados de multiplicadores do tipo I. Porém, quando a demanda das famílias é endogenizada no sistema, levando-se em consideração o efeito induzido, estes multiplicadores recebem a denominação de multiplicadores do tipo II. Assim, para fins desta pesquisa, os multiplicadores estão restritos ao tipo I.

3.2.5 Índices de Rasmussen-Hirschman

Este índice de ligação intersetorial foi criado por Rasmussen (1956) e ampliado para identificar os setores-chave nas economias por Hirschman (1958), por isso, leva o nome de índice de ligação de Rasmussen-Hirschman. Neste trabalho o índice foi modificado para uma análise somente inter-regional para identificar os países chaves nas emissões de poluentes atmosféricos.

Os índices se baseiam na equação $B = (I - A)^{-1}$ (10), da matriz inversa de Leontief. Definindo a_{ij} como elemento da matriz B , deve-se calcular $L_{\cdot j}$ e $L_{i \cdot}$ que representam a soma de uma coluna e a soma de uma linha respectivamente da matriz B e n o número total de setores, bem como L^* é a média de todos os elementos da matriz B . Assim podemos definir:

Índice de ligações para trás:

$$U_j = [L_{\cdot j} / n] / L^* \quad (14)$$

Índices de ligações para frente:

$$U_i = [L_{i \cdot} / n] / L^* \quad (15)$$

Os valores calculados são relativos à média, portanto, para ser considerado uma país chave nas emissões mundiais tanto o índice de ligação para trás quanto o para frente precisam ser maior que 1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados nesta seção estão fundamentados no modelo e na base de dados da seção anterior para os 36 países disponíveis no OECD.stat e WIOD. Para tanto, a presente seção está dividida em cinco partes. A primeira traz um panorama da estrutura produtiva e das emissões, buscando contextualizar a situação econômica dos países, relacionando-os com as emissões de poluentes. A segunda e terceira parte analisa a quantidade de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) gerado por unidade monetária e quanto é transbordado para fora do país de origem. A quarta parte examina a potência que as cadeias produtivas dos países têm de multiplicar as emissões de poluentes. Por fim, a quinta seção verifica as interligações das estruturas produtivas por meio dos fluxos inter-regional dos países.

4.1 ESTRUTURA PRODUTIVA MUNDIAL E EMISSÕES DE CO₂EQ

Esta subseção investiga a estrutura produtiva mundial, além de seu comportamento nas emissões de CO₂eq, a fim de traçar um panorama econômico do período de 2012 em relação a intensidade das emissões de gases poluentes. Para isso analisa-se o volume total da produção econômica dos 36 países listados no banco de dados da OCDE.stat e WIOD, bem como o comportamento das emissões no período.

Dessa forma, a Tabela 1 compara a produção, em milhões de dólares, dos países e suas respectivas emissões, em mil toneladas, de CO₂eq para o período de 2012, com o propósito de mostrar a relação entre a produção e a poluição atmosférica.

As tabelas a seguir foram organizadas pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), de forma que o país com o índice mais alto seja o primeiro item (Noruega – 1) e o com índice mais baixo seja o último (Indonésia - 36), além disso, foram marcados os 5 países com maior importância em cada índice das tabelas para facilitar a análise.

Tabela 1 - Produção econômica e emissão de CO₂eq por países, 2012 (em US\$ Milhões e mil ton.)

Item	Países	IDH	Valor da produção (US\$ Milhões)	%	Emissões de CO ₂ eq (Mil Ton.)	%
1	Noruega	1°	832.712,79	0,57	53702,58	0,17
2	Austrália	2°	2.962.485,37	2,03	543593,86	1,67
3	EUA	3°	28.663.254,00	19,69	6528790,27	20,11
4	Países Baixos	4°	1.613.444,13	1,11	194254,76	0,60
5	Alemanha	5°	6.608.792,78	4,54	924628,11	2,85
6	Irlanda	7°	450.359,92	0,31	57736,27	0,18
7	Suécia	7°	987.678,35	0,68	56980,19	0,18
8	Suíça	9°	1.327.569,47	0,91	51436,66	0,16
9	Japão	10°	11.351.477,64	7,80	1393114,77	4,29
10	Canadá	11°	3.340.328,29	2,29	706703,37	2,18
11	Coréia	12°	3.083.803,36	2,12	685926,00	2,11
12	Dinamarca	15°	580.801,58	0,40	54496,34	0,17
13	Bélgica	17°	1.058.281,92	0,73	119279,99	0,37
14	Áustria	18°	764.692,79	0,53	79916,89	0,25
15	França	20°	4.806.515,17	3,30	490337,17	1,51
16	Finlândia	21°	496.080,55	0,34	62265,18	0,19
17	Eslovênia	21°	89.210,70	0,06	19104,44	0,06
18	Espanha	23°	2.524.467,55	1,73	348927,28	1,07
19	Itália	25°	4.024.546,71	2,76	471609,13	1,45
20	Luxemburgo	26°	167.672,23	0,12	11767,93	0,04
21	Reino Unido	26°	4.659.264,14	3,20	584481,23	1,80
22	República Checa	28°	491.599,40	0,34	133472,35	0,41
23	Grécia	29°	394.295,27	0,27	112084,28	0,35
24	Estônia	33°	47.221,21	0,03	20080,57	0,06
25	Eslováquia	35°	218.230,67	0,15	43042,49	0,13
26	Hungria	37°	258.209,99	0,18	60065,36	0,19
27	Polônia	39°	1.012.234,02	0,70	398129,42	1,23
28	Lituânia	41°	76.309,24	0,05	21220,34	0,07
29	Portugal	43°	397.564,15	0,27	66945,45	0,21
30	Letônia	44°	59.343,47	0,04	11390,76	0,04
31	Rússia	55°	3.415.630,89	2,35	2674245,81	8,24
32	México	61°	2.000.442,35	1,37	658944,00	2,03
33	Brasil	85°	4.206.527,84	2,89	1027739,00	3,17
34	Turquia	90°	1.472.372,21	1,01	445631,48	1,37
35	China	101°	25.593.234,42	17,58	11895765,00	36,64
36	Indonésia	121°	1.759.671,71	1,21	757250,00	2,33

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da ODCE.stat e WIOD (2018)

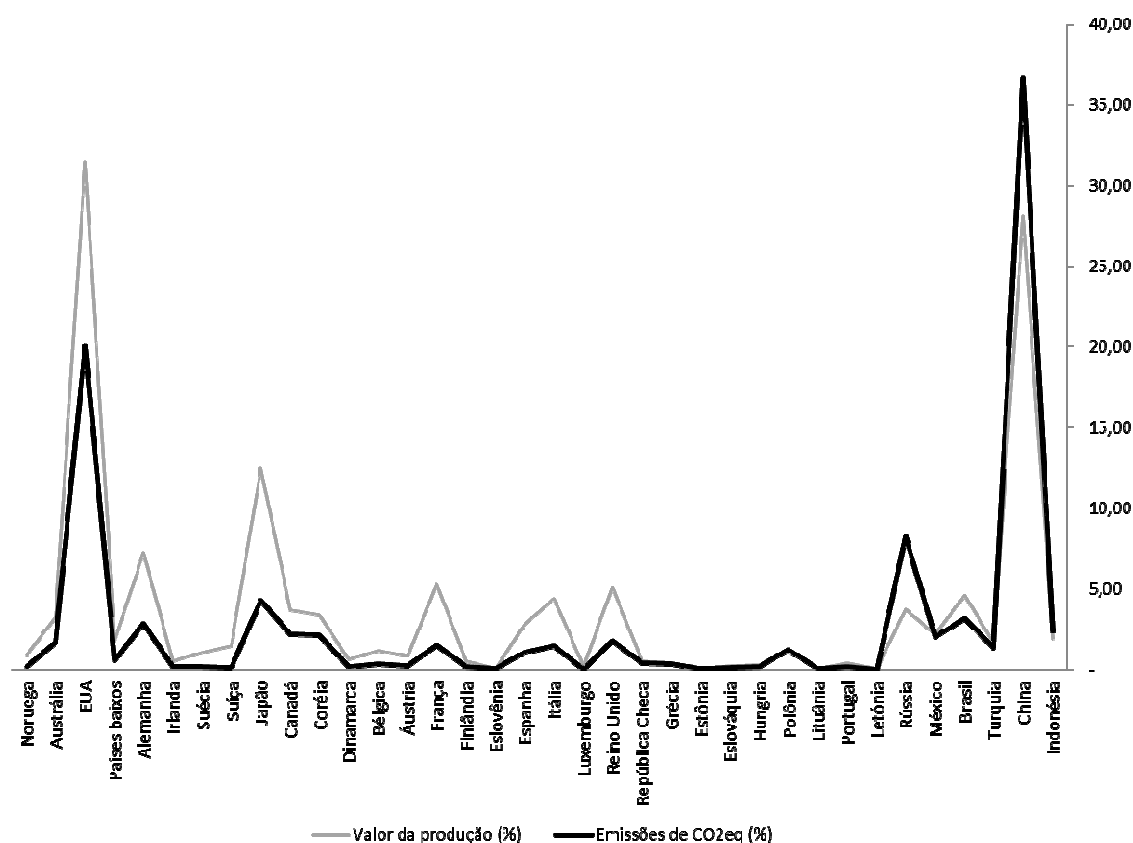
Na Tabela 1 os principais países responsáveis pelo maior volume de produção são EUA (3), China (35), Japão (9), Alemanha (5) e França (15). Juntos representam mais de 52% da produção dos países listados, destacando os EUA e a China que são as maiores potências econômicas do período com respectivamente 19,69% e 17,58% da produção.

A Tabela 1 também destaca os cinco países que mais emitem CO₂eq, que

são a China (35), EUA (3), Rússia (31), Japão (9) e Brasil (33). Esses países representam mais de 72% das emissões mundiais, o que evidencia a importância deles para o controle das alterações climáticas por atividades antrópicas, principalmente, os EUA e a China que representam mais de 57% do total de poluição atmosférica emitido no período.

Para melhor entender o comportamento das emissões de CO₂eq, em mil toneladas, e a produção, em milhões de dólares, os valores da Tabela 1 foram utilizados para elaborar o gráfico da Figura 3.

Figura 3 - Produção econômica e emissão de CO₂eq por países, 2012 (em US\$ Milhões e Mil Ton.)



Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da ODCE.stat e WIOD (2018)

Percebe-se que, com exceção dos EUA, os 21 países com a melhor colocação do IDH, o percentual de emissão de CO₂eq é menor do que o percentual do nível de produção em relação aos países listados no trabalho. A superioridade tecnológica das estruturas produtivas desses países é evidente, principalmente no que tange a poluição atmosférica, onde os países com IDH mais baixo,

especificamente os emergentes (Rússia, México, Brasil, Turquia e China), que juntos representam 51,5% do total de emissão de CO₂eq, enquanto a soma do percentual de produção é em média 26%.

Por isso os países desenvolvidos, como o EUA, Alemanha, Japão, França, Itália, Reino Unido, devem assumir a liderança em estratégia de mitigação dos GEE, porque além de terem a estrutura produtiva superior em termos tecnológicos, também tem uma maior estabilidade econômica e desenvolvimento social.

4. 2 EFEITO GERADOR DE CO₂EQ MUNDIAL

Uma das mais interessantes técnicas analíticas desenvolvidas por John Maynard Keynes foi o multiplicador que, segundo ele, um aumento na renda elevaria os gastos dos consumidores. Entretanto, em um montante menor que o aumento inicial, por exemplo, o aumento da renda de uma pessoa elevaria seus gastos, aumentando a renda de outra pessoa e assim sucessivamente, formando um efeito multiplicador (MIERNYK, 1974).

Analisando a técnica para o contexto de produção e emissões de poluentes, pode-se pensar em um estímulo do governo, por exemplo, no setor agropecuário, que não só implicam em um aumento de gases causadores do efeito estufa na produção agrícola (efeito direto), como também na produção de fertilizantes, adubos, rações entre outros fornecedores (efeito indireto).

Com o propósito de avaliar a relação entre a estrutura produtiva com as emissões dos gases do efeito estufa, destaca-se os países com maior potencial de intensidade dos CO₂eq, através do efeito gerador. O efeito gerador dos CO₂eq, também denominado de multiplicador simples, estima para cada país o quanto é gerado direta e indiretamente de emissão para cada unidade monetária produzida na demanda final. Como neste trabalho os setores foram agregados em países, o efeito direto e indireto são iguais ao regional (efeito dentro do país de origem) e inter-regional (efeito fora do país de origem).

A Tabela 2 traz o efeito gerador (regional, inter-regional e total) para o CO₂eq em 36 países do mundo para o ano de 2012, além de destacar os cinco principais que possuem maiores efeitos. Os resultados são analisados pela variação de um milhão de dólares na demanda final em valores de 2012, bem como as emissões de CO₂eq são apresentadas em mil toneladas.

Tabela 2 - Efeitos regional, inter-regional e total do gerador de emissões de CO₂eq de cada país, 2012 (em % e Mil Ton.)

Item	Países	IDH	Regional (%)	Inter-regional (%)	Gerador (Mil Ton.)
1	Noruega	1°	47,42	52,58	0,14
2	Austrália	2°	51,66	48,34	0,36
3	EUA	3°	57,53	42,47	0,40
4	Países Baixos	4°	41,81	58,19	0,29
5	Alemanha	5°	46,71	53,29	0,30
6	Irlanda	7°	47,64	52,36	0,27
7	Suécia	7°	34,62	65,38	0,17
8	Suíça	9°	33,45	66,55	0,12
9	Japão	10°	50,71	49,29	0,24
10	Canadá	11°	53,14	46,86	0,40
11	Coréia	12°	43,45	56,55	0,51
12	Dinamarca	15°	44,91	55,09	0,21
13	Bélgica	17°	41,98	58,02	0,27
14	Áustria	18°	44,89	55,11	0,23
15	França	20°	48,52	51,48	0,21
16	Finlândia	21°	39,12	60,88	0,32
17	Eslovênia	21°	52,34	47,66	0,41
18	Espanha	23°	50,39	49,61	0,27
19	Itália	25°	45,79	54,21	0,26
20	Luxemburgo	26°	28,54	71,46	0,25
21	Reino Unido	26°	51,09	48,91	0,25
22	República Checa	28°	45,68	54,32	0,59
23	Grécia	29°	58,01	41,99	0,49
24	Estônia	33°	54,86	45,14	0,78
25	Eslováquia	35°	39,61	60,39	0,50
26	Hungria	37°	46,84	53,16	0,50
27	Polônia	39°	50,60	49,40	0,78
28	Lituânia	41°	47,58	52,42	0,58
29	Portugal	43°	53,61	46,39	0,31
30	Letônia	44°	41,33	58,67	0,46
31	Rússia	55°	56,42	43,58	1,39
32	México	61°	61,06	38,94	0,54
33	Brasil	85°	56,37	43,63	0,43
34	Turquia	90°	54,37	45,63	0,56
35	China	101°	37,24	62,76	1,25
36	Indonésia	121°	57,07	42,93	0,75

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da ODCE.stat e WIOD (2018)

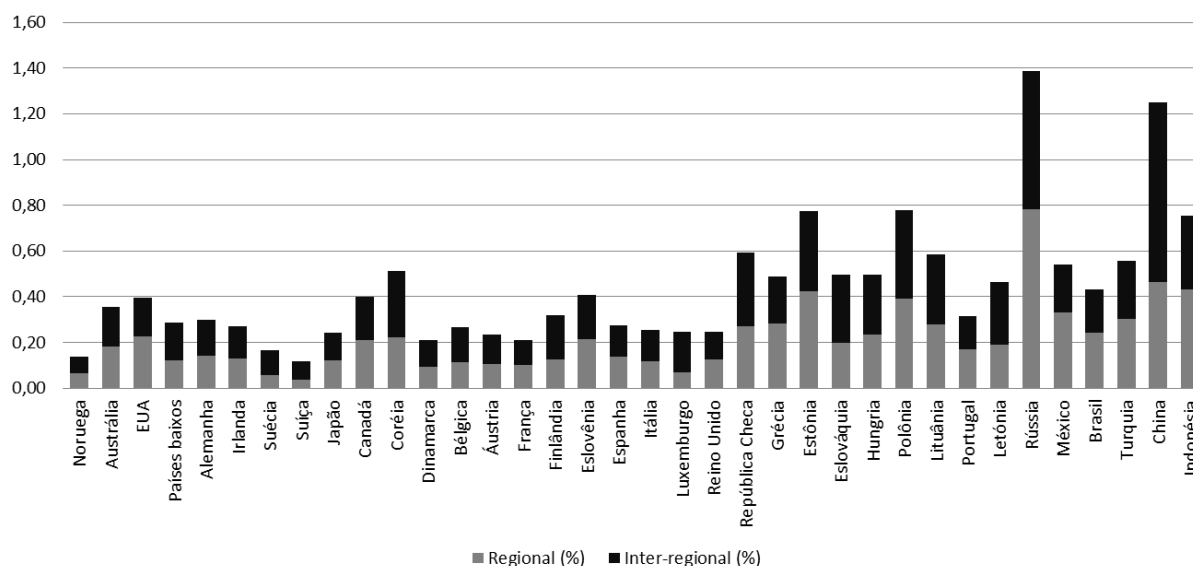
Na Tabela 2 as emissões de CO₂eq mundiais apresentam maior efeito gerador na Estônia (24), Polônia (27), Rússia (31), China (35) e Indonésia (36). A Rússia e a China detêm maior efeito gerador dentre as economias, destacando-se,

nessa ordem, pela variação de 1390 e 1250 toneladas na emissão de CO₂eq com o acréscimo de um milhão de dólares na demanda final.

Uma maneira de estabelecer se os países utilizam estrutura produtiva relativamente limpa, é investigando a quantidade de emissão incorporada nos bens e serviço produzido, por isso, países que se destacam na quantidade emitida de CO₂eq, como o Japão e o EUA, as emissões por unidade monetária são baixas. De modo geral, nota-se que os países que possuem a colocação do IDH acima do vigésimo oitavo tem as estruturas produtivas mais intensivas nas emissões de CO₂eq por milhão de dólares, com exceção do Brasil e de Portugal que contam com a grande parte da matriz energética de hidroelétricas, biocombustíveis e usinas eólicas.

Os valores da Tabela 2 também foram utilizados para elaborar o gráfico da Figura 4, a qual facilita a análise do comportamento dos efeitos regional e inter-regional do gerador de CO₂eq por unidade monetária adicionado na demanda final.

Figura 4 - Efeitos regional e inter-regional do gerador de emissões de CO₂eq de cada país, 2012 (em %.)



Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da ODCE.stat e WIOD (2018)

A Tabela 2 e a Figura 4 mostram que para o efeito regional apenas o México apresenta mais de 60%, ou seja, do total de CO₂eq gerado a maior parte foi de fato emitido dentro da própria estrutura produtiva, ao passo que menos de 40% da emissão de CO₂eq gerado pelo México vem da sua interligação produtiva com

outros países. Entretanto, observa-se na Figura 4 que o México não é um potencial gerador de CO₂eq se comparado com outros países que tem estruturas econômicas parecidas, como a Rússia e a China que também são países emergentes.

Observam-se na Tabela 2 e Figura 4 que para o efeito inter-regional os países que apresentam mais de 60% da emissão total gerada são Suécia, Suíça, Luxemburgo, Eslováquia e China, entretanto, desses países somente a China e a Eslováquia possuem volume considerável de emissão atmosférica. Em vista disso, deve-se salientar que um alto fator de emissão de CO₂eq em um país não implica necessariamente que a estrutura produtiva dele é intensiva em poluição atmosférica, porque parte da quantidade emitida pode ser explicado pela interligação comercial de bens e serviços que determinado país tem com outros países.

4. 3 TRANSBORDAMENTO A MONTANTE E A JUSANTE DAS EMISSÕES DE CO₂EQ MUNDIAL

Um estudo complementar ao gerador de CO₂eq das economias mundiais é o efeito transbordamento, que mede o impacto do aumento da atividade econômica nos países sobre as emissões fora da sua região de origem, tanto na compra quanto na venda de bens e serviços no comércio internacional.

O transbordamento a montante do gerador de CO₂eq de um dado país é causado pela necessidade de obter insumos provenientes de fora de sua região de origem, enquanto o transbordamento a jusante refere-se a venda de insumos para suprir a demanda da estrutura produtiva de outras regiões. Como neste trabalho os setores foram agregados em países, então, quanto maior a necessidade de importação para abastecer a produção de bens intermediários e finais (montante), e exportação para suprir a procura de insumos de outros países (jusante), maior será o transbordamento do efeito gerador de CO₂eq.

Nesse sentido, este indicador mostra o quanto das emissões de CO₂eq fica dentro de um país, quanto é transbordada para fora dele e o quanto é demandado por ele de outros países. Um choque positivo na produção da China, por exemplo, além de causar aumento nas emissões de CO₂eq no próprio país, também provoca o aumento nas emissões fora do país de origem, no resto do mundo.

Tabela 3 - Transbordamento do gerador de CO₂eq nas importações (montante) e exportações (jusante) de insumos para cada país, 2012 (em Mil Ton. e %)

Item	Países	IDH	Importação (Mil Ton.)	%	Exportação (Mil Ton.)	%
1	Noruega	1°	0,040	29,36	0,014	13,06
2	Austrália	2°	0,031	8,61	0,018	5,29
3	EUA	3°	0,023	5,77	0,291	43,83
4	Países baixos	4°	0,112	39,06	0,058	24,89
5	Alemanha	5°	0,073	24,39	0,253	52,81
6	Irlanda	7°	0,106	39,38	0,015	8,22
7	Suécia	7°	0,076	45,81	0,020	18,27
8	Suíça	9°	0,052	45,17	0,010	13,36
9	Japão	10°	0,030	12,32	0,034	13,70
10	Canadá	11°	0,057	14,35	0,029	7,76
11	Coréia	12°	0,098	19,22	0,058	12,33
12	Dinamarca	15°	0,071	33,92	0,013	8,37
13	Bélgica	17°	0,101	37,48	0,042	20,03
14	Áustria	18°	0,073	31,25	0,027	14,39
15	França	20°	0,047	22,18	0,062	27,36
16	Finlândia	21°	0,117	36,43	0,023	10,10
17	Eslovênia	21°	0,083	20,21	0,006	1,89
18	Espanha	23°	0,043	15,78	0,043	15,59
19	Itália	25°	0,049	19,12	0,069	25,00
20	Luxemburgo	26°	0,149	60,51	0,004	4,35
21	Reino Unido	26°	0,046	18,92	0,094	32,04
22	República Checa	28°	0,146	24,50	0,071	13,59
23	Grécia	29°	0,069	14,06	0,007	1,62
24	Estônia	33°	0,146	18,80	0,026	3,89
25	Eslováquia	35°	0,192	38,54	0,024	7,36
26	Hungria	37°	0,177	35,58	0,028	8,07
27	Polônia	39°	0,116	14,97	0,157	19,23
28	Lituânia	41°	0,210	35,91	0,028	6,91
29	Portugal	43°	0,046	14,49	0,007	2,55
30	Letônia	44°	0,140	30,10	0,013	3,91
31	Rússia	55°	0,025	1,83	0,805	37,13
32	México	61°	0,069	12,71	0,018	3,74
33	Brasil	85°	0,022	5,12	0,031	7,02
34	Turquia	90°	0,056	10,10	0,031	5,90
35	China	101°	0,024	1,95	0,497	28,89
36	Indonésia	121°	0,041	5,39	0,029	3,87

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da OCDE.stat E WIOD (2018)

A Tabela 3 apresenta os resultados do transbordamento da emissão de CO₂eq de cada país para o ano de 2012, assim é possível observar as características específicas das estruturas produtivas de cada região quanto ao fluxo

inter-regional de CO₂eq. Foram destacados os 5 países selecionados como os principais emissores nas importações e na exportação de insumos para outros países e os resultados são analisados em mil toneladas (e em percentual) pela variação de um milhão de dólares na demanda final em valores de 2012.

Para o efeito Transbordamento nas importações de CO₂eq, os principais países são Luxemburgo (20), Estônia (24), Eslováquia (25), Hungria (26) e Lituânia (28), indicando que grande parte da emissão de CO₂eq desses países, resultante do aumento da produção, tem origem fora do país, impactando, portanto, a economia do restante dos países do mundo para atender a procura de cada um desses países.

Desse modo, com o acréscimo de um milhão de dólares na demanda final de Luxemburgo, Estônia, Eslováquia, Hungria e Lituânia, as economias produziram estímulos nas emissões no resto do mundo, nesta ordem, de 149, 146, 192, 177 e 210 toneladas de CO₂eq, apontando, por exemplo, que 38,54% das emissões de CO₂eq gerada pela produção da Eslováquia vem da compra de insumos de outros países necessários para sua produção.

Para o efeito Transbordamento nas exportações de CO₂eq os principais países são EUA (3), Alemanha (5), Polônia (27), Rússia (31) e China (35), sinalizando que grande parte da emissão de CO₂eq desses países, resultante do aumento da produção, é destinado para outros países, impactando sua economia para atender a demanda do resto do mundo.

Assim sendo, com o acréscimo na demanda final a economia do EUA, Alemanha, Reino Unido, Rússia e China são demandadas pelo resto do mundo, produzindo estímulos nas emissões dentro do próprio país, respectivamente, 291, 253, 157, 805 e 497 toneladas de emissão de CO₂eq. Mostrando, por exemplo, que 52,81% das emissões de CO₂eq gerada pela produção da Alemanha são destinados para suprir a demanda de bens e serviços do resto do mundo.

É possível observar que Luxemburgo, entre os países analisados, é o que possui o maior transbordamento percentualmente nas importações em relação às emissões, emitindo 149 toneladas de CO₂eq o que representa 60,51% do total gerado pela demanda final do país, logo, cabe destacar que este é um importante indicativo da dependência de insumos importados intensivos em poluentes atmosféricos, devido, sobretudo, à sua insuficiente estrutura interna e o uso de estrutura produtiva com alto teor de CO₂eq de outros países.

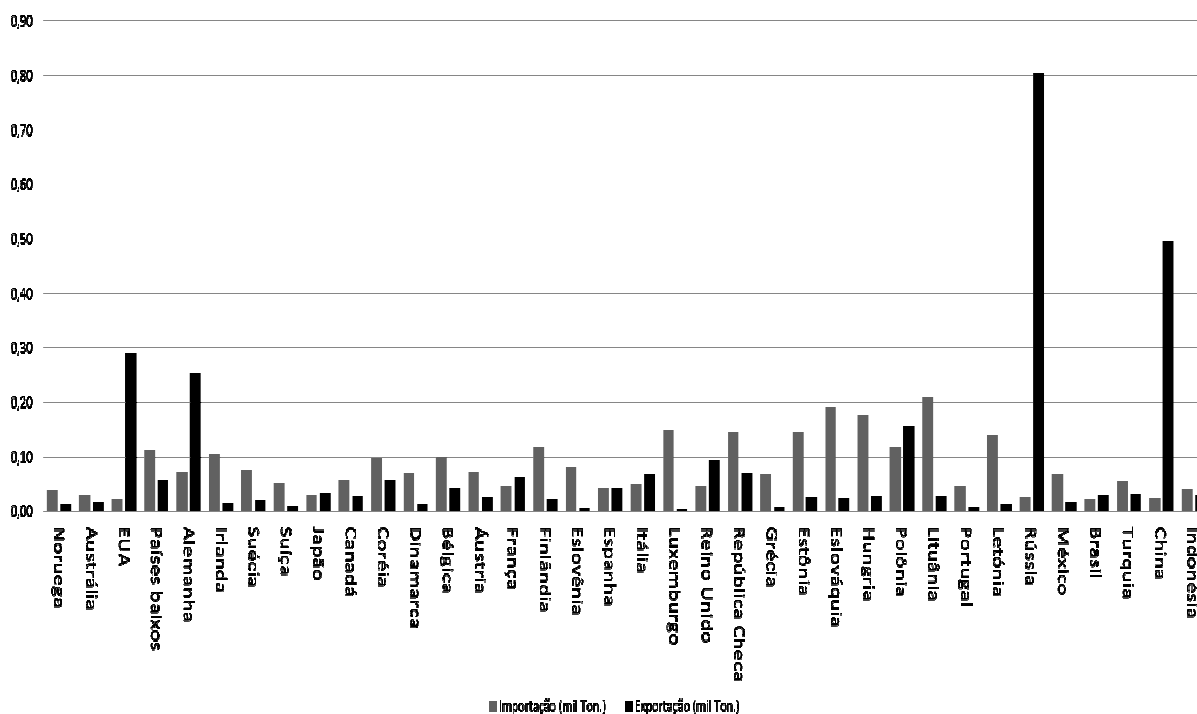
Entretanto Luxemburgo tem uma produção econômica pequena pelo seu

tamanho territorial e populacional, sua dependência de insumos importados acaba tornando um dos países menos poluidor dos listados, pois ao demandá-los, gera a maior parte da produção e, conseqüentemente, poluição em outros países.

A Alemanha destaca-se por ser o país, entre os analisados, que possui o maior transbordamento, percentualmente, nas exportações intensivas em poluição atmosférica, emitindo 253 toneladas de CO₂eq incorporados em bens e serviços necessários para suprir a demanda de insumos do resto do mundo, que representa 52,81% das emissões totais geradas pela variação de um milhão de dólares em sua demanda final. Porém, cabe destacar que a Alemanha tem uma estrutura produtiva que proporciona uma baixa emissão por unidade monetária se comparado com outros países com o mesmo poder econômico e social.

Os valores da Tabela 3 também foram utilizados para elaborar o gráfico da Figura 5, que facilita a análise comparativa e comportamental do transbordamento de emissões de CO₂eq para cada país.

Figura 5 - Transbordamento das emissões de CO₂eq nas importações e exportações de cada, 2012 (em mil Toneladas)



Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da OCDE.stat E WIOD (2018)

A Figura 5 ilustra que as emissões incorporadas no comércio internacional são de modo geral mais intensivas nas importações de bens e serviços do que nas

exportações, apesar disso, dos países que compõe o grupo econômico G7 - EUA, Alemanha, Japão, Canadá, França, Reino Unido e Itália – apenas o Canadá não é um exportador líquido de poluição atmosférica, uma explicação é o tamanho dessas economias e o papel comercial que elas desempenham, produzindo mais bens e serviços para venda internacional do que a necessidade de comprá-los.

Além disso, os EUA, que é o principal exportador de CO₂eq entre os membros do G7, não faz mais parte do acordo entre os países desenvolvidos para redução dos gases do efeito estufa (Países do anexo I), mostrando uma postura mais voltada para o crescimento econômico do que a preservação do meio ambiente.

O destaque que a Figura 3 mostra é a discrepância entre as importações e exportações do CO₂eq incorporado no fluxo inter-regional de produtos (comércio internacional) que a China, Rússia apresentam. O crescimento econômico e populacional das últimas décadas transformara-os em potências internacionais, entretanto, por ainda serem países em desenvolvimento suas estruturas produtivas estão aquém dos países desenvolvidos em relação à poluição atmosférica, haja vista que a base da matriz energética da China é o carvão e o da Rússia é o gás natural que são grandes emissores de gases do efeito estufa (GEE).

4.4 EFEITO MULTIPLICADOR DE CO₂EQ MUNDIAL

O multiplicador de CO₂eq indica os países com a cadeia produtiva mais intensivos em poluição atmosférica, uma vez que o aumento da produção intensiva em CO₂eq de um determinado país faz com que a atividade produtiva desse país demande produção adicional de bens e serviços intermediários, também intensivos em CO₂eq, de outros países. Esse aumento da produção nos demais países causa um aumento nas emissões não só dentro do próprio país como também nos países que as estruturas produtivas estão interligadas, desempenhando um efeito em cadeia, o que causa impacto de emissões de CO₂eq mais forte na economia.

A Tabela 4 evidencia os resultados do multiplicador de CO₂eq para os 36 países listados no banco de dados do trabalho para o ano de 2012, a fim de mensurar as condições econômicas que cada país tem nas emissões de poluentes, seja de forma direta ou indireta. Também foram destacados os 5 países com o maior multiplicador e as emissões são analisadas em mil toneladas.

Tabela 4 - Multiplicador das emissões de CO₂eq na estrutura produtiva de cada país, 2012 (em mil toneladas)

Item	Países	IDH	Multiplicador CO ₂ eq	Item	Países	IDH	Multiplicador CO ₂ eq
1	Noruega	1°	2,11	19	Itália	25°	2,18
2	Austrália	2°	1,94	20	Luxemburgo	26°	3,50
3	EUA	3°	1,74	21	Reino Unido	26°	1,96
4	Países baixos	4°	2,39	22	República Checa	28°	2,19
5	Alemanha	5°	2,14	23	Grécia	29°	1,72
6	Irlanda	7°	2,10	24	Estônia	33°	1,82
7	Suécia	7°	2,89	25	Eslováquia	35°	2,52
8	Suíça	9°	2,99	26	Hungria	37°	2,14
9	Japão	10°	1,97	27	Polônia	39°	1,98
10	Canadá	11°	1,88	28	Lituânia	41°	2,10
11	Coréia	12°	2,30	29	Portugal	43°	1,87
12	Dinamarca	15°	2,23	30	Letônia	44°	2,42
13	Bélgica	17°	2,38	31	Rússia	55°	1,77
14	Áustria	18°	2,23	32	México	61°	1,64
15	França	20°	2,06	33	Brasil	85°	1,77
16	Finlândia	21°	2,56	34	Turquia	90°	1,84
17	Eslovênia	21°	1,91	35	China	101°	2,69
18	Espanha	23°	1,98	36	Indonésia	121°	1,75

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da ODCE.stat e WIOD (2018)

De modo geral, observa-se que os países que apresentam estrutura produtiva com maior grau de multiplicação das emissões de CO₂eq são a Suécia (7), Suíça (8), Finlândia (16), Luxemburgo (20) e China (35). Luxemburgo detém o maior efeito multiplicador da economia mundial, visto que o aumento de mil toneladas nas emissões de CO₂eq nesse país provoca um aumento de 3,50 mil toneladas nas emissões nos demais países pelo efeito indireto.

Luxemburgo é um país com baixo nível de poluição atmosférica, por isso, deve-se dar mais atenção à Suíça e a China as quais não só tem um alto efeito multiplicador como também estão entre os principais emissores de CO₂eq para o mundo.

A diferença para o efeito gerador, é que o multiplicador de CO₂eq mensura a multiplicação das emissões que um determinado país pode causar dado um aumento na sua própria emissão de gases poluentes e o gerador de CO₂eq analisa a geração de emissões para aumento da demanda final mundial.

Portanto, o multiplicador de CO₂eq indica para cada um dos países as

emissões de forma direta e indireta. Um aumento da produção intensiva em CO₂eq de um determinado país produz emissões tanto sobre o próprio país, quanto sobre todo os demais países da economia mundial, devido a necessidade do comércio internacional para a aquisição de insumos intensivos em poluição atmosférica de outros países.

4. 5 ÍNDICES DE LIGAÇÃO INTER-REGIONAL RASMUSSEN-HIRSCHMAN

Os índices de Rasmussen-Hirschan têm sido encontrado na literatura para considerar os setores chaves na economia, neste trabalho, como os setores foram agregados em países, utiliza-se o índice para encontrar os países chaves nas emissões de CO₂eq embutido no comércio entre eles.

Os países ditos chaves são as que têm maior poder de encadeamento dentro da economia mundial no que se refere às emissões de CO₂eq. É possível determinar os países que tem o maior poder de encadeamento por meio do índice de ligação para trás que estima o quanto um país demanda insumos intensivos em CO₂eq de outros países, e o índice de ligação para frente que informa o quanto um país é demandado de insumos intensivos de CO₂eq pelos outros.

A Tabela 5 mostra os índices de ligação inter-regional de Rasmussen-Hirchan para trás e para frente dos 36 países listados para o ano de 2012. Estão destacados os países que apresentam o índice para trás e para frente superior a 1, porque para ser considerado um país com a economia chave nas emissões mundiais, tanto o índice de ligação para trás quanto o para frente precisam ser maior que 1.

Tabela 5 - Índices de ligações inter-regionais de emissão CO₂eq, 2012

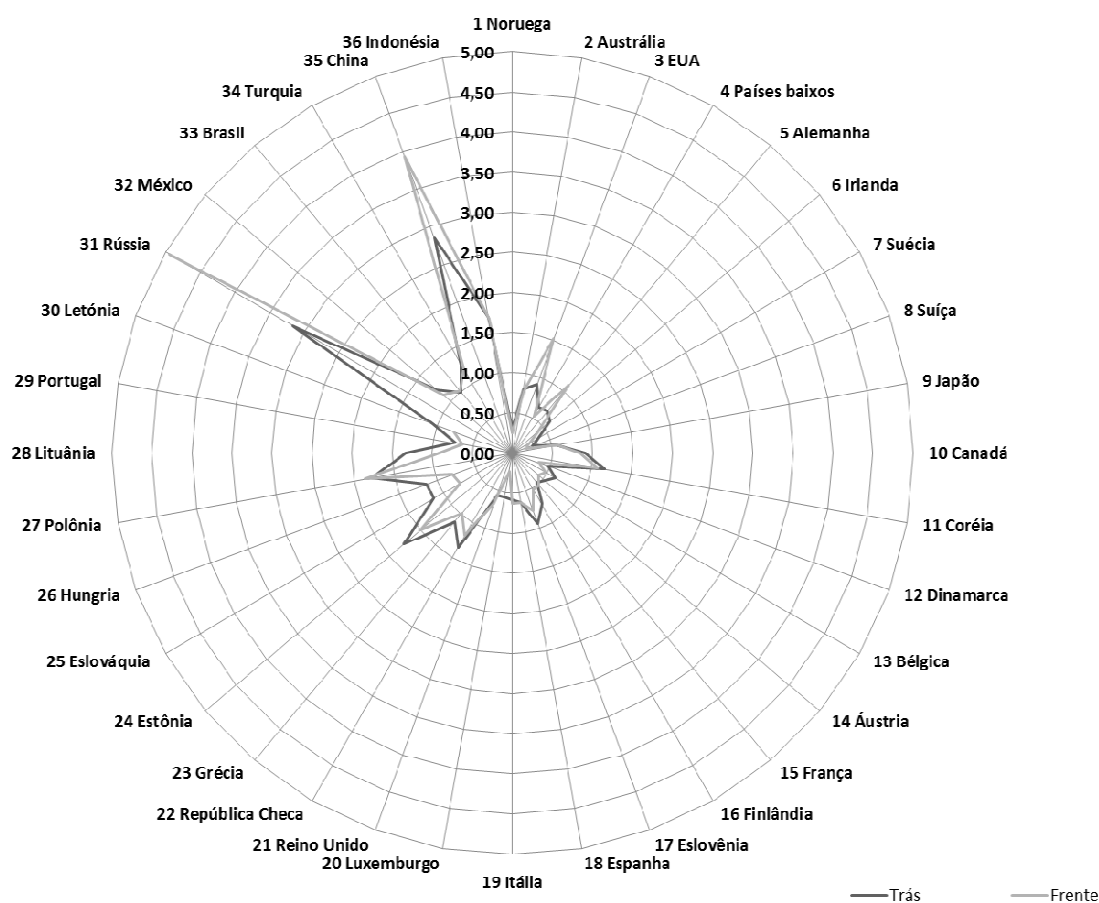
Item	Países	IDH	Trás	Frente	Item	Países	IDH	Trás	Frente
1	Noruega	1°	0,3	0,3	19	Itália	25°	0,6	0,6
2	Austrália	2°	0,8	0,8	20	Luxemburgo	26°	0,6	0,2
3	EUA	3°	0,9	1,5	21	Reino Unido	26°	0,6	0,7
4	Países baixos	4°	0,7	0,5	22	República Checa	28°	1,4	1,2
5	Alemanha	5°	0,7	1,1	23	Grécia	29°	1,1	1,0
6	Irlanda	7°	0,6	0,4	24	Estônia	33°	1,8	1,5
7	Suécia	7°	0,4	0,3	25	Eslováquia	35°	1,1	0,8
8	Suíça	9°	0,3	0,2	26	Hungria	37°	1,1	0,8
9	Japão	10°	0,6	0,6	27	Polônia	39°	1,8	1,9
10	Canadá	11°	0,9	0,8	28	Lituânia	41°	1,3	0,9
11	Coréia	12°	1,2	1,1	29	Portugal	43°	0,7	0,6
12	Dinamarca	15°	0,5	0,3	30	Letônia	44°	1,1	0,8
13	Bélgica	17°	0,6	0,5	31	Rússia	55°	3,2	4,9
14	Áustria	18°	0,5	0,4	32	México	61°	1,2	1,1
15	França	20°	0,5	0,5	33	Brasil	85°	1,0	1,0
16	Finlândia	21°	0,7	0,5	34	Turquia	90°	1,3	1,2
17	Eslovênia	21°	0,9	0,8	35	China	101°	2,9	3,9
18	Espanha	23°	0,6	0,6	36	Indonésia	121°	1,72	1,69

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da OECD.stat e WIOD (2018)

Dos países listados na Tabela 2, os considerados chave no encadeamento de insumos intensivos em CO₂eq são a Coréia (11), República Checa (28), Grécia (23), Estônia (24), Polônia (27), Rússia (31), México (32), Brasil (33), Turquia (34), China (35) e Indonésia (36). Dentre esses países a Rússia e a China se destacam por serem as principais economias que transferem e recebem CO₂eq no comércio internacional de insumo.

O resultado de 3,17 para o índice de Rasmussen-Hirschman para trás na economia da Rússia, por exemplo, significa que no período de 2012 esta economia é demandada 3,17 vezes a média das economias por produtos intensivos em CO₂eq. A análise do índice para Rasmussen-Hirschman para frente é semelhante, por exemplo, a Rússia está demandando CO₂eq incorporado nos insumos do comércio internacional 5,07 vezes maior que a média das outras economias.

Os valores da Tabela 5 também foram utilizados para elaborar o gráfico da Figura 6, que facilita a análise do comportamento dos países chaves nas emissões de CO₂eq incorporado no comércio internacional.

Figura 6 - Índices de ligações inter-regionais de emissão CO₂eq, 2012

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da ODCE.stat e WIOD (2018)

Por meio da Figura 6 pode-se inferir que as cinco economias mais desenvolvidas tem os índices de ligação, tanto para frente como para trás, menores que as cinco economias menos desenvolvidas, o que indica que os países como a Rússia, México, Brasil, Turquia, China e Indonésia demandam insumos com maior intensidade de CO₂eq incorporado e ofertam produtos com maior teor de CO₂eq que os países mais desenvolvidos.

Também se observa na figura 6 que a Rússia e a China, que recebem o status de principais países chaves para redução de CO₂eq, apontam que o índice de ligação inter-regional na venda de insumos intensivos em CO₂eq (efeito para frente) é maior que na compra (efeito para trás), isso ocorre, devido ao tamanho dessas economias e por serem muito demandadas pelo resto do mundo, corroborando com o que foi visto na Figura 5, onde mostram que também são as principais exportadora líquidas de CO₂eq.

5 CONCLUSÃO

O aquecimento da terra provocado por emissões provenientes de atividades humanas aumenta os riscos de impactos negativos no ecossistema, na saúde e nos sistemas socioeconômicos, por meio de inundações, secas, doenças transmissíveis e respiratórias. Os esforços para controlar essa alteração do clima podem falhar, se os países desenvolvidos, no anseio de contrair rapidamente as emissões, transferirem as atividades produtivas intensivas em GEE para países em desenvolvimento.

O trabalho busca responder qual o nível de dependência do comércio internacional de produtos intensivos em poluentes atmosféricos os países desenvolvidos possuem com os países em desenvolvimento, portanto, essa pesquisa investiga os efeitos da estrutura produtiva dos países sobre as emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq).

Através dos dados desta pesquisa é possível afirmar que os países com maior volume de produção são os EUA, China, Japão, Alemanha e França, juntos representam mais de 52% da produção dos 36 países listados nesta pesquisa. Os países com maior volume de emissão de CO₂eq mundial são a China, EUA, Rússia, Japão e Brasil, os quais representam mais de 72% das emissões totais dos países analisados.

Os países que se destacam pela quantidade de GEE gerado por unidade monetária são a Rússia e a China, com a variação, nesta ordem, de 1,39 e 1,25 mil toneladas nas emissões de CO₂eq com o acréscimo de um milhão de dólares na demanda final. Uma forma de determinar se a estrutura produtiva dos países são formadas basicamente por fontes de energia limpa, é investigar a quantidade de poluentes atmosféricos incorporados nos bens e serviços produzidos, por isso, países como o Japão e EUA, apesar de estarem entre os principais emissores de CO₂eq, a emissão por unidade monetária é baixa, aproximadamente 0,24 e 0,40 mil toneladas, respectivamente, de CO₂eq gerados por um milhão de dólares.

As emissões incorporadas no comércio internacional são de modo geral mais intensivas nas importações de bens e serviços do que nas exportações, apesar disso, do grupo econômico G7 – EUA, Alemanha, Japão, Canadá, França, Reino Unido e Itália – apenas o Canadá não é um exportador líquido de CO₂eq. Juntando-se a esses países, a Rússia e a China se destacam como os principais exportadoras

líquidos de CO₂eq, com aproximadamente, nesta ordem, 805 e 497 toneladas de emissão nas exportações, que representa cerca de 37,13% e 28,89% da emissão gerada pela demanda final, enquanto apenas 1,83% e 1,95 % das emissões vem das importações.

A Rússia e a China são as principais economias no encadeamento de insumo intensivos em CO₂eq, destacando-se por demandarem, respectivamente, 3,2 e 2,9 e ofertarem 4,9 e 3,9 vezes a mais que a média. Além disso, os cinco países mais desenvolvidos tem os índices de ligação menores que os cinco países menos desenvolvidos, indicando que países como a Rússia, México, Brasil, Turquia, China e Indonésia procuram e ofertam insumos com maior teor de CO₂eq incorporado que os países mais desenvolvidos.

O estudo verificou a importância do fluxo inter-regional dos países para combater as emissões de CO₂eq incorporadas no comércio internacional, destacando a Rússia e a China, não só por estarem entre os principais emissores, como também as economias com maior encadeamento das estruturas produtivas intensivas em emissões atmosféricas, além de terem a maior quantidade de emissão por unidade monetária e serem os principais exportadores líquidos de CO₂eq. Portanto, as conferências internacionais devem dar uma maior atenção para esses dois países, por não fazerem parte do grupo de obrigatoriedade de redução dos GEE estabelecido no acordo de Paris, apesar do potencial de contribuição para o aquecimento global.

No entanto, a discussão de quais políticas poderiam surtir mais efeitos para combater a transferência de poluição atmosférica entre os países e a produção mais eficiente em termos de emissões nos países em desenvolvimento não foi abordada neste trabalho, podendo ficar como sugestão para discussões em trabalhos posteriores.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. Desenvolvimento sustentável: qual a estratégia para o Brasil?. **Novos Estudos - Cebrap**, [s.l.], n. 87, p.97-113, jul. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-33002010000200006>.

ACKERMAN, F.; ISHIKAWA, M.; SUGA, M. The carbon content of Japan–US trade. **Energy Policy**, [s.l.], v. 35, n. 9, p.4455-4462, set. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.010>.

AHMAD, N.; WYCKOFF, A. Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods. **OECD Science, Technology And Industry Working Papers**, [s.l.], p.1-65, 3 nov. 2003. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). <http://dx.doi.org/10.1787/421482436815>.

ANDRADE, J. C. S.; COSTA, P. Mudanças climáticas, protocolo de Quioto e mercado de crédito de carbono: desafios à governança ambiental global. **O&S, Bahia**, v.15, n.45, abr.2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/1607/1/O%26S-2008-372.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2018.

BRASIL. MME. ANELL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. ed. Brasília, 2008, p. 41 (adaptado). Disponível em: http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689. Acesso em 21 de novembro de 2018.

BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Conferência das Partes**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/conferencia-das-partes>>. Acessado em 15 ago. 2018.

BRAZ, M. S. A. Os mecanismos de cooperação internacionais para redução de emissões sob o Protocolo de Quioto. **Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União**, Brasília, n. Out./dez. 2003.

CASLER, S. D.; BLAIR, P. D. **Economic structure, fuel combustion, and pollution emission**. Ecological Economics, v.22, 1997.

CHIANG, A.; WAINWRIGHT, K. **Matemática para economistas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005.

DU, H.; GUO J.; MAO G. et al. CO₂ emissions embodied in China–US trade: Input–output analysis based on the energy/dollar ratio. **Energy Policy**, [s.l.], v. 39, n. 10, p.5980-5987, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.060>.

FRANCA, C. I. F.; SESSO FILHO, U. A.; ZAPPAROLI, I. D. Zona do Euro: Estrutura Produtiva e Emissões de Gases do Efeito Estufa. **GEOSUL (UFSC)**, v.33, p.118 - 139, 2018.

FRANCO, T.; DRUCK, G. Padrões de industrialização, riscos e meio ambiente. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p.61-71, 1998. Disponível em: <<https://www.scielo.org/pdf/csc/1998.v3n2/61-72/pt>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

GODOY, S. G. M.; PAMPLONA, J. B. O protocolo de Quioto e os países em desenvolvimento. **Pesquisa & debate**, São Paulo, v. 18, n° 2, 10 mai. 2007. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/rpe/article/view/11774>>. Acesso em: 16 out. 2018.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. **Política energética no Brasil**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados (IEA)/Universidade de São Paulo (USP), 2005.

GREENPEACE. **Energias renováveis contra o aquecimento global**. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/O-que-fazemos/Clima-e-Energia/?gclid=CK3-wY36rdMCFUSAKQodcRUMKg>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

GUILHOTO, J. *et al.* **Estimação da Matriz Insumo-Produto** Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005 (Using Data from the System of National Accounts to Estimate Input-Output Matrices: An Application Using Brazilian Data for 2005). 2010.

HAYAMI, H.; NAKAMURA, M. Greenhouse gas emissions in Canada and Japan: Sector-specific estimates and managerial and economic implications. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 85, n. 2, p.371-392, out. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.10.002>.

HETHERINGTON, R. **An input-output analysis of carbono dioxide emissions for the UK**. Energy Conversion Management, v. 37, n.6-8, 1996.

HILGEMBERG, E. M. Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO₂ decorrente do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: um modelo inter-regional de Insumo – Produto. 2005. Tese de doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2005.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. **Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia dentro do Planejamento Integrado de Recursos**. In: III Workshop Internacional Brasil - Japão: Implicações Regionais e Globais em Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2005, Campinas - Brasil.

IPCC. Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade – Resumo para Decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas Field, Christopher B. *et al.* Organização Meteorológica Mundial (WMO), Genebra, Suíça, 34 p.

ISARD, W. Interregional and regional input-output analysis: a model of a space-economy. **The Review of Economics and Statistics**, Cambridge, v. 33, n. 4, p. 318-328, 1951

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. Agenda 21: Uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. **In: II Encontro nacional e i encontro latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**, 2001, Canela. Porto Alegre: ANTAC, 2001. p. 91-98.

LABANDEIRA, X.; LABEAGE, J. M. **Estimation and controlo f Spanish energy-related co₂ emissions**: an input-output approach. *Energy policy*, v.30, 2002.

LEAL, G. C. G.; FARIAS, M. S. S.; ARAUJO, A. F. O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE URBANO. **Qualitas Revista Eletrônica**, Campina Grande, Pb, v. 7, n. 1, p.1-11, fev. 2008.

LEONTIEF, W. **A economia do Insumo-Produto**. 3. ed. São Paulo: Nova cultural, 1988.

LEONTIEF, W. **The structure of the American economy**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1951.

LIMA, M. A. Agropecuária Brasileira e as Mudanças Climáticas Globais: Caracterização do Problema, Oportunidade e Desafios. **Caderno de Ciências e Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p.451-472, 01 abr. 2002. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8816>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

LUCAS, N. D.; MELO, A. S. A. Evidências do protocolo de Quioto no Brasil: uma Análise Exploratória descritiva. **Revista de la red ibero-americana de economia ecológica**, Recife, V. 16, n.33, 1 sets, 2008. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en/mesa2/trabalhos/evidencias_do_protocolo_de_quioto.pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.

MACHADO, G. V. **Meio ambiente e comércio exterior**: impacto da especialização comercial brasileira sobre o uso de energia e as emissões de carbono do país. 2002. Tese (doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

MAY, P. H. Economia ecológica e o desenvolvimento equitativo no Brasil. In: CAVALCANTI, Clovis (Org.). **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 2009. p. 235-255

MIERNYK, W.H. **Elementos de Análise do Insumo-Produto**. São Paulo: Atlas S. A., 1974. 159 p.

MILLER, R.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis**: foundations and extensions. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

MIRANDA, C. R. Economia e meio ambiente: uma abordagem de Insumo-Produto. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 601-636, ago.

1980.

MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. L. B. D. R. O protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto internacional**, Rio de Janeiro, V. 30, n.1, jan. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-85292008000100001>. Acesso em: 16 out. 2018.

MORETTO, A. C. **Relações intersetoriais e inter – regionais na economia paranaense em 1995**. Piracicaba, 2000. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, universidade de São Paulo.

MUELLER, C. C. **Os Economistas e as Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente**. Brasília: Editora da UnB: Finatec, 2007.

NAKANO, S. *et. al.* The Measurement of CO₂ Embodiments in International Trade. **Oecd Science, Technology And Industry Working Papers**, [s.l.], p.1-40, 6 fev. 2009. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). <http://dx.doi.org/10.1787/227026518048>.

OLIVEIRA, M. S. Análise da Intensidade de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Demanda Final Brasileira Através do Modelo Insumo-Produto. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Econômicas, Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciências de Informação e Documentação, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

OECD. stat, 2019. Organisation For Economic Co-Operation And Development. Disponível em: < <https://stats.oecd.org/>>. Acessado em: 10 nov. de 2018.

PEDROSO, F. P. *et. al.* Variações dos Gases do Efeito Estufa (GEE): Um estudo por meio da decomposição do matriz Insumo – Produto do mundo de 1995 a 2009. **RACRE (CREUPI)**, v.20, p.61 - 81, 2016.

SESSO FILHO, U. A.; RODRIGUES, R. L.; MORETTO, A. C. **Decomposição do efeito multiplicador de produção e emprego no sistema inter-regional sul-restante do Brasil**. Disponível em > <http://www.ecopar.ufpr.br/artigos/a7_032.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2018.

SHUI, B.; HARRISS, R. C. The role of CO₂ embodiment in US–China trade. **Energy Policy**, [s.l.], v. 34, n. 18, p.4063-4068, dez. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2005.09.010>.

SILVA, C. E. O; GHINI, R. Efeito da Concentração de CO₂ do Ar sobre a Severidade e Esporulação de *Cylindrocladium scoparium* Em Folhas Destacadas de Eucalipto. **Embrapa Meio Ambiente, Climapest**, Jaguariuna, 12 jun. 2012.

SOUZA, A. M. *et. al.* Estrutura Produtiva do Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) e seus Impactos nas Emissões de dióxido de carbono (CO₂). **Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)**, v.1, p.10 - 15, 2015.

SU, B.; ANG, B. W. Multi-region input–output analysis of CO₂ emissions embodied in

trade: The feedback effects. **Ecological Economics**, [s.l.], v. 71, p.42-53, nov. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.024>.

TIMMER, M. P. (Ed.). **The world input-output database (WIOD)**: contents, sources and methods. 2012. (WIOD Working Paper N. 10). Disponível em: <http://www.wiod.org/database/index.htm>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change Convenção. 21^o Conference of the Parties. Acordo de Paris, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/cop21/>. Acesso em: 21 nov. 2018.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, São Paulo, Sp, v. 32, n. 3, p.757-767, 2 abr. 2009. Disponível em: http://bdpi.usp.br/bitstream/handle/BDPI/12309/art_VICHI_Energia_meio_ambiente_e_economia_o_Brasil_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 jan. 2019.

WIOD. World Input – Output Database. Disponível em: <http://www.wiod.org>>. Acessado em 10 ago. de 2018.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, Sp, v. 21, n. 3, p.325-349, ago. 2004.

ZAPPAROLI, I. D. *et. al.* Análise dos transbordamentos nas emissões de dióxido de carbono: Brasil, Rússia, Índia e China - BRIC. **Revista Econômica do Nordeste**, v.48, p.149 - 164, 2018.

ZHANG, Z.; GUO, J.; HEWINGS, G. J.d. The effects of direct trade within China on regional and national CO 2 emissions. **Energy Economics**, [s.l.], v. 46, p.161-175, nov. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2014.09.011>.